

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**



## **PROYECTO FIN DE CARRERA**

# **PROYECTO DE DISEÑO, CÁLCULO Y FABRICACIÓN DE UNA CISTERNA DESTINADA AL TRANSPORTE POR CARRETERA DE ÁCIDO SULFÚRICO**

**AUTOR: JOSÉ CARAVACA GARCÍA**

**TITULACIÓN: I.T.I. MECÁNICA**

**DIRECTOR: FEDERICO CERÓN DE LARA**

**ENERO 2015**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Me gustaría dar las gracias en primer lugar a todos los profesores de la UPCT que de una manera u otra han influido en la formación de este humilde I.T.I. Mecánico, en especial a mi tutor de proyecto Federico López Cerón de Lara.

También quiero agradecer a todos mis compañeros y amigos de la Universidad, ya que sin ellos, estos años no habrían sido lo mismo.

Por último, y no por ello menos importante, me gustaría dar las gracias a mi familia, mis padres y mis hermanas, que me han apoyado siempre en todo lo que han podido.

MUCHAS GRACIAS.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**



**DOCUMENTO N° 1**

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

**AUTOR: JOSÉ CARAVACA GARCÍA**

**TITULACIÓN: I.T.I. MECÁNICA**

**DIRECTOR: FEDERICO CERÓN DE LARA**

**ENERO 2015**

## ÍNDICE MEMORIA

1.- MEMORIA.....	6
1.1.- Objeto.....	6
1.2.- Normativa.....	6
1.3.- Definiciones.....	7
1.4.- Caracterización de la cisterna.....	8
1.4.1.- Diseño del depósito.....	8
1.4.1.1.- Tipo de depósito.....	8
1.4.1.1.1.- Caracterización del depósito.....	8
1.4.1.1.2.- Código de la cisterna.....	10
1.4.1.2.- Productos a contener.....	10
1.4.1.2.1.- Ficha técnica de seguridad.....	10
1.4.1.2.2.- Grado de llenado.....	21
1.4.1.3.- Especificaciones del depósito.....	22
1.4.1.3.1.- Dimensionamiento.....	22
1.4.1.3.2.- Materiales.....	22
1.4.1.3.3.- Presiones.....	24
1.4.1.4.- Estructura y elementos del depósito.....	25
1.4.1.4.1.- Elementos estructurales.....	25
1.4.1.4.2.- Protecciones.....	25
1.4.1.4.3.- Cubetas de derrame.....	29
1.4.2.- Equipos de servicio.....	30
1.4.2.1.- Generalidades.....	30



1.4.2.2.- Bocas de hombre.....	32
1.4.2.3.- Sistemas de carga y descarga.....	33
1.4.2.3.1.- Sistema de carga y descarga.....	33
1.4.2.3.2.- Hermeticidad o ventilación.....	38
1.4.2.4.- Seguridades.....	39
1.4.2.4.1.- Medidas a adoptar para evitar la depresión.....	39
1.4.2.4.2.- Conexiones de seguridad equipotencial: interior y exterior.....	40
1.4.2.4.3.- Escalerilla y pasarela.....	42
1.4.2.4.4.- Sistema de drenaje.....	43
1.4.2.4.5.- Componentes auxiliares.....	43
1.4.3.- Semirremolque-vehículo. Sistema de unión.....	45
1.4.3.1.- Quinta rueda.....	47
1.4.3.2.- King pin.....	48
1.4.3.3.- Ubicación de la quinta rueda.....	49
1.4.3.4.- Montaje de la quinta rueda.....	49
1.5.- Marcado.....	50
1.6.- Equipamiento de la cisterna.....	51
1.6.1.- Electricidad estática.....	51
1.6.2.- Dispositivos de seguridad adicionales.....	54
1.6.3.- Equipamiento eléctrico.....	54
1.6.4.- Señalización y alumbrado.....	56
1.6.5.- Placas de identificación y peligro.....	57
1.6.6.- Tren de aterrizaje telescópico.....	57

# 1.- MEMORIA DESCRIPTIVA.

## 1.1.-Objeto.

El objeto fundamental del proyecto es el diseño de un recipiente a presión, cisterna, destinado al transporte por carretera de ácido sulfúrico siguiendo todas las especificaciones descritas en el ADR 2013.

El objetivo final del proyecto, será el de realizar el diseño de la cisterna de tal manera que cumpla todos los requisitos para la obtención del certificado CE.

## 1.2.-Normativa.

La normativa que se tendrá en cuenta a la hora de la realización del diseño, cálculo y proceso de fabricación de la cisterna y sus equipos será la siguiente:

- **ADR 2013.** Acuerdo europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera.
- **Directiva 2008/68/CE (RD 97/2014).** Operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera.
- **Directiva 2010/35/UE (RD 1388/2011).** Equipos a presión transportables.
- **Norma UNE EN 13094 de 2009.** Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. Diseño y construcción.
- **Norma UNE EN 14432 de 2007.** Equipo de las cisternas para el transporte de productos químicos líquidos. Válvulas de descarga del producto y de entrada de aire.
- **Norma UNE EN 12972 de 2009.** Ensayo, inspección y marcado de cisternas metálicas.
- **R.D. 750/2010.** Homologación de vehículos.
- **R.D. 340/2010.** Desgasificación, despresurización y reparación o modificación de cisternas de mercancías peligrosas.
- **R.D. 749/2001.** Especificaciones de las bocas de hombre.
- **R.D. 948/2005.** Medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- **Orden de Industria 16/10/96.** Normas de construcción, aprobación de tipo, ensayo e inspección de cisternas para el transporte de mercancías peligrosas.

- **ITC MIE EP-6.** Instrucciones técnicas sobre recipientes a presión transportables.
- Cuando no existan normas específicas contempladas en los puntos anteriores, serán utilizadas normas internas de cada Estado (Anejo 5 RD 94/2014).

### 1.3.-Definiciones.

Las definiciones que se adjuntan a continuación se hacen con el fin de facilitar la comprensión del proyecto que nos ocupa.

- **Cisterna:** depósito, incluidos sus equipos, en el que se almacena y transporta fluidos o sólidos a granel.
- **Camión:** vehículo autopropulsado motorizado destinado al transporte de bienes. Puede incluir una carrocería con estructura portante.
- **Cisterna fija:** cisterna que está anclada sobre un vehículo, o que forma parte integrante del chasis del mismo.
- **Cuerpo:** recipiente de la cisterna que contiene el producto a transportar incluyendo sus orificios y medios de obturación.
- **Equipos de servicio:** son todos aquellos sistemas auxiliares que acompañan a la cisterna y que hacen que el funcionamiento del conjunto sea el correcto.
- **Semirremolque:** vehículo sin motor, destinado a ser el soporte de la cisterna.
- **Marcado:** son todas aquellas placas y paneles que van colocados sobre el semirremolque, la cisterna y el vehículo tractor, y que ofrecen una importante información acerca del producto y de las condiciones en las que se transporta.
- **Grado de llenado:** porcentaje máximo de llenado de la cisterna del producto a transportar en estado líquido a la temperatura de 15° C.
- **Grupo de embalaje:** indicación del grupo de embalaje al que pertenece una sustancia en función del grado de peligrosidad que presente durante su transporte.
- **Mercancías peligrosas:** sustancias cuyo transporte por carretera está sujeto al cumplimiento de todas las especificaciones recogidas en el ADR 2013.
- **Número ONU:** número de identificación, de cuatro cifras, de todos los productos recogidos en el Reglamento ONU.

- **Presión de cálculo:** presión ficticia cuyo valor es siempre, como mínimo, igual al de la presión de prueba. Se utiliza para el cálculo del espesor de las paredes del depósito.
- **Presión de prueba:** presión a la que debe someterse la cisterna durante el transcurso de la prueba de presión para su control inicial y periódico.
- **Presión de llenado/vaciado:** presión máxima alcanzada durante el proceso de carga/descarga de la cisterna.
- **Presión de servicio:** presión normal de trabajo de la cisterna a la temperatura de servicio.
- **Presión máxima de servicio:** mayor de los tres valores siguientes: valor máximo de la presión efectiva autorizada en la cisterna durante una operación de llenado, durante una operación de vaciado y el valor de la presión manométrica efectiva a la que está sometida por su contenido a la temperatura máxima de servicio.
- **Punto de inflamación:** temperatura más baja de un líquido a la que sus vapores forman una mezcla inflamable con el aire.
- **Capacidad:** volumen total del recipiente que contiene al producto.
- **Rompeolas:** pared no sellada herméticamente que debe cubrir al menos el 70% de la sección del depósito en la que se instala y cuya función es la de reducir el efecto del oleaje producido en el interior de la cisterna durante el transporte.
- **Presión de ensayo:** presión máxima efectiva que se produce en el depósito durante el ensayo de presión.

## 1.4.-Caracterización de la cisterna.

### 1.4.1.-Diseño del depósito.

#### 1.4.1.1.-Tipo de depósito.

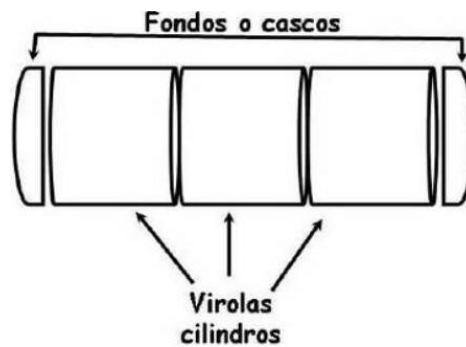
##### 1.4.1.1.1.-Caracterización del depósito.

El diseño del depósito se realizará siguiendo todas las especificaciones de la normativa expuesta en el apartado 1.2.

El depósito estará compuesto por un conjunto de virolas, soldadas entre sí, las cuales constituirán el cuerpo de sección elíptica del mismo. Los dos fondos de la cisterna se cerrarán con dos tapas (cascos) de forma semielipsoidal soldadas al cuerpo de virolas.

Los cascos se diseñarán con una profundidad de abombamiento acorde a la presión de diseño que tendrán que soportar (4 bares). La profundidad de abombamiento de los cascos será de 340 mm. Cuanto mayor sea la presión de diseño a soportar en el interior del tanque, mayor será el abombamiento de los cascos.

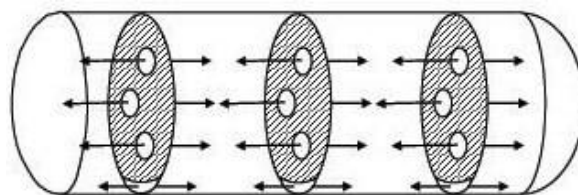
Además, para aumentar la resistencia del cuerpo del depósito, se soldarán perimetralmente unos aros exteriores llamados costillas.



**IMAGEN 1:** Representación de un depósito.

La ventaja que aportan las cisternas de sección elíptica respecto a las de sección circular es que bajan el centro de gravedad del conjunto, dotando a éste de una mayor estabilidad, por el contrario, son capaces de soportar una presión interior menor. Las cisternas de sección elíptica suelen utilizarse para el transporte de sustancias líquidas, como es el caso que nos ocupa, ya que estas suelen almacenarse a baja presión.

El depósito se diseña para el transporte de una sola sustancia, por tanto, se fabricará mono cuba, es decir sin que esté dividido en compartimentos interiores estancos. No obstante, el depósito se diseñará con 3 separadores no estancos interiores, denominados rompeolas, uno a cada 1750 mm del siguiente tal como indica el ADR 2013.



**IMAGEN 2:** Esquematación de un depósito con rompeolas.

Con este procedimiento se evitará el desplazamiento brusco del producto en el interior del mismo, lo que causaría la desestabilización del vehículo y un grave accidente.



**IMAGEN 3:** Desestabilización del vehículo por ausencia de rompeolas.

#### 1.4.1.1.2.-Código de la cisterna.

El código alfanumérico de la cisterna que se va a diseñar para el transporte de ácido sulfúrico según la columna 12 de la tabla A del ADR 2013 es: **L4BN**.

El significado de cada componente del código de la cisterna es:

- **L:** cisternas para el transporte de sustancias en estado líquido (sustancias líquidas o sustancias sólidas entregadas para el transporte en estado fundido).
- **4:** presión mínima de cálculo, expresada en bares.
- **B:** cisterna con aberturas de llenado y vaciado situadas en la parte inferior con 3 cierres.
- **N:** cisterna sin dispositivos de respiración que no está cerrada herméticamente.

#### 1.4.1.2.-Productos a contener.

##### 1.4.1.2.1.-Ficha técnica de seguridad.

El diseño de la cisterna se realiza para el almacenamiento y transporte por carretera de ácido sulfúrico.

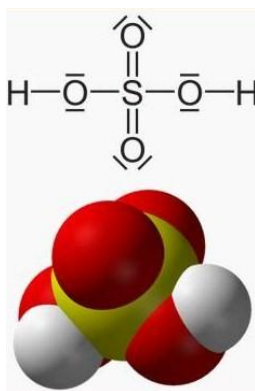
##### -Definición.

El ácido sulfúrico es un compuesto químico altamente corrosivo cuya fórmula química es  $H_2SO_4$ . Se obtiene a partir de dióxido de azufre, por oxidación con óxidos de nitrógeno en disolución acuosa. Es conocido por

otros nombres como: tetraoxosulfato (VI) de hidrógeno, aceite de vitriolo o licor de azufre.

La molécula de ácido sulfúrico presenta una estructura piramidal constituida por un átomo de azufre colocado en el centro y cuatro átomos de oxígeno en los vértices. Los dos átomos de hidrógeno están unidos a los de oxígeno y no a los de azufre por enlace doble.

El ácido sulfúrico se encuentra disponible en un gran número de concentraciones y grados de pureza (para el proyecto consideraremos la sustancia con un 98% de concentración).



**IMAGEN 4:** Representación de una molécula de ácido sulfúrico.

### **-Características.**

-Nombre: ácido sulfúrico.

-Fórmula química: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

-Concentración: 98%.

-Peso molecular: 98.1.

-Grupo químico: ácido inorgánico.

-Número Cas: 7664-93-9.

-Número Un: 1830.

-RTECS: WS5600000.

-CE Índice Anexo I: 016-020-00-8.

-CE/EINECS: 231-639-5.

**-Propiedades físicas y químicas.**

-Estado físico: líquido.

-Apariencia: incoloro o amarillento/pardo oscuro, denso y oleoso.

-Olor: picante y penetrante.

-Ph: menor que 1.

-Temperatura de ebullición (se descompone): 340 °C.

-Temperatura de fusión: 10 °C.

-Densidad (Agua=1): 1.84 Kg/l a 15 °C.

-Presión de vapor: 0.13 KPa a 146 °C.

-Densidad relativa de vapor (Aire=1): 3.4.

-Solubilidad: completamente soluble en agua, soluble en alcohol etílico.

-Viscosidad: 25 centipoises a 25 °C.

**-Identificación de riesgos.**

-Riesgo principal: corrosivo.

-Riesgos secundarios: tóxico y reactivo.

-Señalización de instalaciones: es la marca que indica el grado de inflamabilidad, estabilidad y peligrosidad de la sustancia, además de otra información adicional tal como si existe riesgo de radiación, si se puede utilizar con agua, si es corrosiva, alcalina, ácida u oxidante.

•El cuadrado rojo indica la inflamabilidad de la sustancia. Para el ácido sulfúrico el grado de inflamabilidad es 0, lo que indica que el producto no es inflamable.

•El cuadrado amarillo indica la reactividad del producto. En el caso del ácido sulfúrico el grado de reactividad es 2, lo cual significa que puede cambiar a sustancia química violenta.



•El cuadrado azul indica la peligrosidad del producto para la salud. El grado de peligrosidad del ácido sulfúrico es 3, lo que lo califica de producto extremadamente peligroso.

•El cuadrado blanco indica algún tipo de riesgo específico, en el caso de que lo haya. El símbolo que se observa en la figura adjunta ('w' tachada) indica que la sustancia no se puede utilizar con agua.



**IMAGEN 5:** Identificación de riesgo del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

-Rotulación de transporte: señal que indica que la sustancia es corrosiva y de la clase 8.



**IMAGEN 6:** Identificación de riesgo del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

-Señalización del estanque transporte: es una placa anaranjada dividida en dos mitades en las cuales se muestran los números de identificación de peligro (mitad superior de la placa) y ONU (mitad inferior de la placa).

En el caso del ácido sulfúrico el número de identificación de peligro es 80 y el número ONU es 1830 según el ADR 2013.



IMAGEN 7: Panel naranja del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### **-Formas de producción.**

La producción del ácido sulfúrico se puede clasificar fundamentalmente en dos procesos: el método de cámaras de plomo y el proceso de contacto.

El proceso de cámaras de plomo es el más antiguo de los dos procesos y es el que se utiliza actualmente para producir la mayor parte del ácido consumido en la fabricación de fertilizantes. Este proceso produce un ácido relativamente diluido.

El proceso de contacto produce un ácido más puro y concentrado pero requiere de materias primas más puras y del uso de catalizadores muy costosos.

En ambos procesos, el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es oxidado y disuelto en agua. El óxido de azufre (IV) es obtenido mediante la incineración de azufre, tostando piritas (disulfuro de hierro), tostando otros sulfuros no ferrosos o mediante la combustión de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S).

Anteriormente a estos métodos de obtención de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, existió otro denominado proceso del vitriolo, actualmente en desuso.

### **-Aplicaciones.**

El ácido sulfúrico se utiliza para múltiples aplicaciones dentro del ámbito industrial.

El uso fundamental para el que se utiliza el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es para la producción de fertilizantes.

Otras aplicaciones importantes se encuentran en la refinación del petróleo, producción de pigmentos, tratamiento del acero, extracción de metales no ferrosos, manufactura de explosivos, detergentes, plásticos y fibras.

•**Industria de los fertilizantes.**

La mayor parte del ácido sulfúrico se utiliza en la producción de ácido fosfórico, otras cantidades más pequeñas se utilizan para producir superfosfatos y sulfato de amonio. Alrededor del 60% de la producción total de ácido sulfúrico es utilizada en la industria fertilizante.

•**Refinación de petróleo.**

El ácido sulfúrico también se utiliza en el proceso de refinado del petróleo, alquilación y purificación de destilados de crudo.

•**Industria química inorgánica.**

El ácido sulfúrico interviene en el proceso de producción de pigmentos de óxido de titanio (IV), ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico.

•**Industria metalúrgica.**

En el procesado de metales, el ácido sulfúrico se utiliza para el tratamiento del acero, cobre, uranio y vanadio y en la preparación de baños electrolíticos para la purificación y plateado de metales no ferrosos.

•**Industria de la madera y el papel.**

El ácido sulfúrico también se utiliza en algunos procesos de obtención de madera y papel, así como en algunos procesos textiles, fibras químicas y tratamiento de pieles y cuero.

En cuanto al uso directo del ácido sulfúrico, el uso más importante es la incorporación de sulfuro a través de la sulfonación orgánica, particularmente en la fabricación de detergentes.

Las baterías son un producto que contiene ácido sulfúrico, aunque en una cantidad muy pequeña. También se utiliza en el proceso de producción de algunos tipos de droga.

**-Riesgos para la salud.**

El ácido sulfúrico es un producto químico altamente perjudicial para la salud humana. Por ello, es muy importante tomar las medidas de seguridad adecuadas cuando se está produciendo una manipulación del mismo.

Los problemas que puede causar una sobre exposición de ácido sulfúrico a una persona son muchos y casi todos de extrema gravedad.

-Inhalación: produce una severa irritación de las vías respiratorias, alta deshidratación de los tejidos afectados, daño corrosivo con quemaduras, erosión dental y ampollas en la boca, dificultad para respirar y en casos más graves puede provocar serios daños pulmonares llegando incluso al edema pulmonar.

-Contacto con la piel: el ácido sulfúrico es altamente irritante y corrosivo para la piel, produce una fuerte deshidratación de ésta y graves quemaduras.

-Contacto con los ojos: el ácido sulfúrico produce severas irritaciones y quemaduras en contacto con los ojos pudiendo derivar en daños permanentes que pueden causar ceguera.

-Ingestión: la ingestión de ácido sulfúrico produce graves quemaduras en la boca, tracto digestivo, esófago y estómago, náuseas, vómitos y diarrea. En casos extremos puede provocar la muerte.

-Otros efectos: la exposición al ácido de una persona puede agravar el asma.

### **-Medidas de primeros auxilios.**

- Inhalación: se trasladará a la persona afectada a un ambiente lo más fresco posible. En el caso de que no respire se le administrará respiración artificial. Si respira con dificultad se le administrará oxígeno. Se evitará el método de reanimación boca a boca. Se mantendrá a la víctima abrigada y en reposo. Se buscará asistencia médica inmediatamente.

-Contacto con la piel: se retirará la ropa y el calzado contaminados. Se lavará la zona afectada con abundante agua y jabón mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste se repetirá el lavado. Se buscará atención médica inmediatamente.

-Contacto con los ojos: se lavará con agua durante 15 minutos como mínimo. Se levantarán y separarán los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste se repetirá el lavado. Se buscará asistencia médica inmediatamente.

-Ingestión: se lavará la boca con agua. Si la víctima está consciente se le administrará abundante agua para diluir el ácido. No se provocará el vómito. Se buscará atención médica inmediatamente.

### **-Equipos de protección personal.**

La manipulación del ácido sulfúrico conlleva el uso obligatorio de una serie de equipos de protección para evitar los efectos negativos que produce la exposición al ácido en el cuerpo humano anteriormente descritos.

-Ropa de trabajo: se utiliza una indumentaria resistente a sustancias corrosivas. Esta indumentaria puede ser de diferentes materiales: cloruro de polivinilo, nitrilo, butadieno, viton, neopreno/butilo, polietileno, teflón o caucho de butilo.

-Protección respiratoria: el uso de protección respiratoria, respiradores o máscaras sólo se llevará a cabo cuando se sobrepasen los límites permisibles ponderado o absoluto. En el caso de tener que usarse este tipo de protección, ésta deberá ser específica para vapores de ácidos inorgánicos con filtro para vapores ácidos.

-Guantes de protección: los guantes de protección utilizados son de goma de butilo o PVC.

-Gafas protectoras: las gafas protectoras deben tener protección lateral o bien sustituirlas por una careta facial.

-Calzado de seguridad: se utiliza un calzado de caucho.

### **-Riesgo de incendio.**

El ácido sulfúrico no es un producto inflamable, no obstante, hay que tener en cuenta una serie de procedimientos a realizar en el caso de que se produzca un incendio en el que intervenga.

-Condición de inflamabilidad: el ácido sulfúrico no es un combustible ni un producto inflamable, aunque su acción corrosiva sobre los metales genera desprendimiento de Hidrógeno, pudiendo esto causar incendios y explosiones.

-Agentes de extinción: en el caso de producirse un incendio en el que intervenga el ácido sulfúrico, los agentes de extinción que se usan en general son polvo químico seco y anhídrido carbónico.

-Procedimientos específicos: cuando se produce un incendio donde interviene el ácido sulfúrico es muy importante tener en cuenta una serie de procedimientos específicos.

Se prohíbe el uso de agua en las tareas de extinción debido a que ésta reacciona con el ácido generando una reacción violenta y exotérmica (gran generación de energía calorífica). En el caso de utilizar agua se hace en forma de neblina y para refrescar el ambiente nunca para sofocar el incendio.

El acercamiento al fuego se hace siempre en la dirección del viento.

Se evacúa el lugar ubicando al personal en contra de la dirección del viento.

-Equipos de protección personal: se utiliza un equipo respiratorio autónomo con máscara completa, graduado para funcionar a presión positiva por demanda o con otro sistema de presión positiva. La indumentaria, traje, guantes, botas, debe ser de neopreno resistente al ácido.

### **-Riesgo de reactividad.**

- El ácido sulfúrico es un producto estable químicamente sólo en condiciones normales.

- Es muy importante evitar que alcance una temperatura cercana a la de descomposición que es de 340°C debido a que a partir de esa temperatura el ácido se descompone generando anhídrido sulfúrico (SO<sub>3</sub>) que es muy irritante y tóxico.

- El ácido sulfúrico reacciona violentamente o de forma explosiva con muchas sustancias químicas orgánicas e inorgánicas como el acrilonitrilo, soluciones alcalinas, carburos, cloratos, fulminatos, nitratos, percloratos, permanganatos, metales en polvo, sodio, fósforo, acetona, ácido nítrico, picratos, acetatos, materias orgánicas, acetiluros, epiclorhidrina, anilina, etilendiamina, alcoholes con peróxido de hidrógeno, etcétera.

- El ácido sulfúrico produce gas hidrógeno en contacto con metales, el cual es inflamable.
- El ácido sulfúrico no presenta peligro de polimerización.

### **-Almacenamiento.**

El almacenamiento del ácido sulfúrico se realiza en recintos preparados para albergar productos químicos con riesgo por contacto. Estos recintos pueden ser bodegas, cabinas o estanques resistentes a sustancias corrosivas.

Estos lugares tienen que tener una buena ventilación, ser frescos y sin humedad.

Se señalizan los envases, estanques, tuberías y áreas de almacenaje con marcas de riesgo.

El acceso a las zonas de almacenamiento es restringido para personal autorizado.

Además de todos los requisitos anteriores para el correcto almacenaje de ácido sulfúrico, hay que tener en cuenta una serie de precauciones especiales.

- El ácido se almacena lejos de sustancias y condiciones incompatibles.
- Los envases, estanques, válvulas y demás accesorios se protegen de cualquier daño físico que puedan sufrir.
- Se mantienen los niveles prefijados de llenado de estanques y de presión y temperatura de trabajo.

### **-Medidas para el control de derrames o fugas.**

-Medidas de emergencia. Las medidas de seguridad a adoptar ante una situación de derrame o fuga de ácido sulfúrico son: aplicar el procedimiento ante emergencia química, contener el derrame o la fuga del ácido, ventilar el área afectada, aislar el sector de riesgo y evacuar el área, mantener a las personas protegidas lejos del área crítica y en dirección contraria a la del viento.

En caso de ocurrir en carretera, se debe apartar el vehículo de la carretera siempre y cuando sea posible y estacionarlo en un lugar donde sea menos peligroso para terceros y posteriormente solicitar ayuda especializada.

-Distancias de seguridad: las distancias de seguridad, en el caso de derrame de ácido sulfúrico, que se deben adoptar son: para derrames o fugas pequeñas 100 metros, para un gran derrame o fuga primero se establece un perímetro de seguridad de 200 metros y posteriormente se evacúa la zona a unos 2500 metros en la dirección del viento.

-Equipo de protección personal: el equipo de limpieza se protegerá con un traje encapsulado resistente a sustancias corrosivas y con un sistema de respiración autónoma.

-Daños al medio ambiente: la limpieza de derrames de ácido sulfúrico debe hacerse con muchas precauciones para evitar dañar en la medida de lo posible el medio ambiente, para ello no se debe eliminar el producto fugado a través de desagües para no contaminar cursos de aguas naturales.

-Métodos de limpieza: la limpieza se debe hacer primero neutralizando el ácido con cal y después absorbiéndolo por medio de un producto inerte, como la arena seca, para posteriormente, depositarlo en recipientes marcados para su recuperación o tratamiento como residuo químico.

### **-Información ecológica.**

El ácido sulfúrico como sustancia corrosiva está calificado como un químico muy peligroso para el medio ambiente debido a que su acción corrosiva destruye la materia viva.

Es perjudicial para todo tipo de animales.

Es considerado tóxico para la vida acuática.

En el suelo el producto puede disolver algunos minerales como el calcio o el magnesio, deteriorando sus propiedades.

En la atmósfera el producto puede removerse lentamente por deposición húmeda. En el aire puede ser removido por deposición en seco.



#### 1.4.1.2.2.- Grado de llenado.

El grado de llenado de un depósito cisterna indica el porcentaje de la capacidad total de la cisterna que puede llenarse como máximo de la sustancia a transportar, según el ADR 2013.

El grado de llenado debe ser respetado siempre por parte del cargador.

El grado de llenado nunca podrá ser del 100 % de la capacidad del depósito debido a que hay que dejar un espacio libre diferente para cada sustancia y así, respetar el equilibrio de fase líquido y gas.

En el caso que nos ocupa, el grado de llenado que no deberá sobrepasarse en el llenado de la cisterna destinada al transporte de ácido sulfúrico, a temperatura ambiente según el ADR 2013, será el que se obtenga al aplicar la siguiente expresión:

$$\text{grado de llenado} = \frac{98}{1 + \alpha (50 - t_F)} \% \text{ de la capacidad} \quad [1]$$

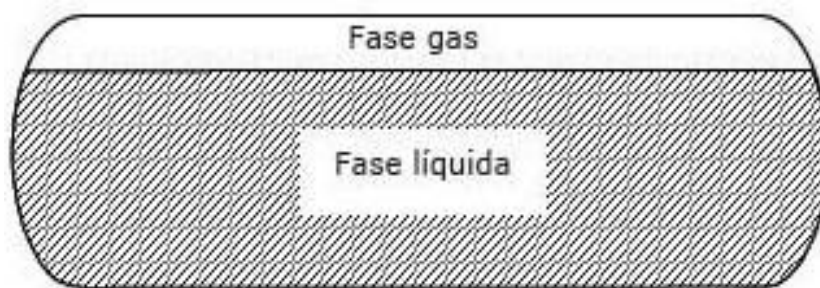
La fórmula anterior es la utilizada para el cálculo del grado de llenado de una sustancia líquida, tóxica o corrosiva que puede presentar peligro o no de inflamación, cargada en una cisterna provista de dispositivos de aireación o de válvulas de seguridad.

El grado de llenado se expresa en tanto por ciento de la capacidad total de la cisterna.

En la fórmula, 'α' representa el coeficiente medio de dilatación cúbica del líquido entre 15 y 50 °C, es decir, para una variación máxima de 35 °C. Se calcula a partir de la expresión:

$$\alpha = \frac{d_{15} - d_{50}}{35 d_{50}} \quad [2]$$

Siendo,  $d_{15}$  y  $d_{50}$ , las densidades del ácido sulfúrico a 15 y 50 °C y  $t_F$  la temperatura media del líquido en el momento del llenado.



**IMAGEN 8:** Representación de la parte líquida y la parte gaseosa de una sustancia.

### **1.4.1.3.-Especificaciones del depósito.**

#### **1.4.1.3.1.-Dimensionamiento.**

El dimensionamiento del depósito se realizará siguiendo todas las especificaciones establecidas en el ADR 2013.

Las cisternas diseñadas para el transporte de líquidos químicos se fabrican de diferentes calidades y espesores en función del líquido a transportar.

El dimensionado de los espesores de las virolas, los cascos, los cierres y las aberturas se realizará aplicando las ecuaciones pertenecientes al Anexo A.5 de la Norma UNE-EN 13094 y los resultados se visualizarán en el apartado del proyecto de cálculos justificativos.

El espesor de las bocas de hombre vendrá determinado por la empresa proveedora de las mismas. Para el proyecto se han seleccionado unas bocas de hombre de la empresa Fort Vale cuyo espesor es de 6 mm.

#### **1.4.1.3.2.-Materiales.**

La selección del material para la fabricación de la cisterna se realiza siguiendo las especificaciones del ADR 2013.

La selección del material se realiza antes de comenzar con los cálculos del diseño del depósito. Se parte de la base de que el material debe ser un tipo de acero

inoxidable, debido a las condiciones oxidantes del medio y a la naturaleza corrosiva del producto que contendrá (ácido sulfúrico).

Así, para el diseño del proyecto, se elige el acero inoxidable tipo 316L, compuesto por cromo, molibdeno, níquel y en menor medida carbono.

Las propiedades mecánicas del acero inoxidable 316L son:

	Unidades	Pared del depósito	Fondo delantero	Fondo trasero	Rompeolas
Material		Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Grado		316 L	316 L	316 L	316 L
Resistencia a la tracción (Rm)	MPa	500	500	500	500
Límite elástico (Re)	Mpa	220	220	220	220
Módulo de Young (E)	MPa	210000	210000	210000	210000
Alargamiento	%	40	40	40	40

**TABLA 1:** Propiedades mecánicas del acero 316 L.

La composición química viene detallada en la siguiente tabla.

Composición química (%)	C	Cr	Mo	Ni
	≤0,030	16,5 a 18,5	2,0 a 2,5	11,0 a 14,0

**TABLA 2:** Composición química del acero 316L.

El acero inoxidable tipo 316L es un acero austenítico que posee las propiedades que caracterizan a este tipo de inoxidables:

- No son magnéticos en general;
- Tienen una excelente resistencia a la corrosión;
- Excelente conformabilidad (gran ductilidad);
- Buena resistencia a bajas y altas temperaturas;
- Excelente soldabilidad.

En general, los aceros austeníticos tienen mejor resistencia que los ferríticos a las corrosiones por picado y en rendijas. Esto se debe a la acción del níquel, que favorece la repasivación del material en las regiones donde la película pasiva se rompió por estas formas de corrosión. De ahí la elección del primero para el diseño de la cisterna.

Un factor crítico a tener en cuenta en los aceros inoxidable austeníticos es el riesgo de corrosión intergranular, conocida también como precipitación de carburos de cromo. Se produce cuando el material se encuentra en la franja de 450 a 845 °C. Para evitarlo, se debe elegir un material con un contenido de carbono inferior a 0.04%. En nuestro caso particular, el contenido de carbono, como se muestra en la tabla anterior, está por debajo del 0.03%.

Otro factor a tener en cuenta será el control de la temperatura entre pasadas de soldadura, no debiendo superar ésta los 150 °C.

Las bocas de hombre, rompeolas, válvulas, conductos, cajas de equipos de servicio, escalerillas, cubetas, pasarelas y demás elementos metálicos se fabricarán con el mismo acero.

La estructura que conforma el soporte del depósito se fabricará de acero inoxidable del tipo 304.

#### **1.4.1.3.3.-Presiones.**

La presión de cálculo que se utilizará para el diseño de la cisterna, se obtendrá del Anexo 5 de la Norma UNE-EN 13094.

Una vez realizados todos los cálculos se ha obtenido que la presión de cálculo del proyecto en las condiciones de servicio será  $P_c = 0,3332$  MPa.

La presión de ensayo se obtendrá del ADR 2013 donde se indica que la presión de ensayo tendrá que tener el valor, como mínimo, de la presión de cálculo. Para el proyecto la presión de ensayo será  $P_e = 0,4$  MPa.

La presión de vapor a la presión de diseño se ha obtenido de la empresa Befesa Desulfuración S.A. El valor obtenido es  $P_{vd} = 0,0013$  MPa.

Las presiones estática y dinámica se han obtenido del Anexo A-5 de la Norma UNE-EN 13094. Los valores obtenidos para ambas respectivamente han sido:  $P_{ta} = 0,0204$  MPa y  $P_{dyn} = 0,137325$  MPa.

La presión de servicio máxima es la mayor de las cuatro primeras presiones obtenidas en la Tabla A.2 del apartado cálculos justificativos del proyecto y su valor es  $P_{ms} = 0,0382$  MPa.

#### **1.4.1.4.-Estructura y elementos del depósito.**

##### **1.4.1.4.1. Elementos estructurales.**

La estructura de la cisterna estará compuesta por un conjunto de 4 virolas de 1750 mm de longitud, con una sección elíptica de eje mayor 1600 mm y eje menor 1200 mm, soldadas entre sí. El armazón del depósito se completa con la unión soldada de dos cascos semielipsoidales en los extremos del cuerpo de virolas de igual sección que éstas. Los cascos tendrán una profundidad de abombamiento de 340 mm, un radio de reborde de 200 mm y un radio de paso de la corona interna menor de 924 mm y de la mayor de 1850 mm.

El diseño del depósito se realiza para el transporte de un líquido, por tanto, para aumentar la resistencia del depósito, se soldarán unas pletinas, denominadas costillas, cubriendo todos los cordones de soldadura que unen las virolas y los cascos entre sí. Las costillas se diseñarán del mismo material que las virolas y los cascos.

Los últimos elementos estructurales que forma parte del depósito serán los rompeolas. Éstos irán soldados perimetralmente al cuerpo de virolas. Los rompeolas ejercerán una doble función, por un lado, evitarán que se produzcan desplazamientos bruscos del líquido en el interior del depósito y por otro, dotarán a la estructura de la cisterna de una mayor robustez. La cisterna se diseña con 3 rompeolas situados transversalmente al sentido de la marcha, a una distancia de 1750 milímetros entre sí, que es la distancia máxima permitida por el ADR 2013. Los rompeolas serán de forma cóncava, con una profundidad de concavidad de 100 milímetros y un espesor como el de las virolas y los cascos.

##### **1.4.1.4.2.-Protecciones.**

###### **-Protección contra impactos laterales.**

Las protecciones del depósito son un aspecto muy importante a la hora de realizar el diseño debido a que cualquier impacto lateral puede provocar una deformación del depósito o incluso la rotura del mismo.

El depósito se diseñará con unas protecciones laterales cuyas dimensiones estarán de acuerdo a lo establecido en el ADR 2013. Éstas consistirán en una barra de acero inoxidable del tipo 316 L de 3 mm de espesor, colocada longitudinalmente a cada lado del depósito en su sección intermedia, tal como se muestra en la siguiente imagen.



**IMAGEN 9:** Cisterna con protección contra impactos laterales.

La unión de las protecciones laterales con la cisterna se realizará mediante una soldadura en los puntos donde se cruzan con la posición de las costillas exteriores del depósito.

### **-Protección contra vuelcos.**

La protección contra vuelcos es un requisito obligatorio en el diseño de cisternas transportadoras de sustancias líquidas químicas, según el ADR 2013. Se diseña con el fin de evitar que los órganos y accesorios situados en la parte superior de la cisterna, sufran algún tipo de daño en caso de vuelco.

La protección contra vuelcos de la cisterna del proyecto consistirá en la colocación de 2 aros macizos, una en la parte delantera y otro en la parte trasera superior del depósito, de forma transversal, que sobresaldrán por encima de todos los elementos de la parte superior un mínimo de 25 mm y con un perfil adecuado para proporcionar así, una protección eficaz.

Los aros formarán un perfil rectangular con una anchura de 840 mm y una altura de 395 mm. Además tendrán una sección circular de 40 mm de radio. Irán colocados a 710 mm de cada extremo del depósito.



**IMAGEN 10:** Cisternas con diferente diseño de protección contra vuelcos.

Los aros serán de acero inoxidable 316 L e irán soldados al cuerpo de la cisterna.



**IMAGEN 11:** Detalle de protector contra vuelcos.

### **-Protección trasera.**

La cisterna irá provista de una protección en su parte trasera con el fin de evitar problemas en la parte posterior del depósito y en la caja de válvulas en caso de colisión.

La protección constará de un parachoques de acero que sobresaldrá 215 mm de la parte trasera del depósito y tendrá el mismo ancho que el remolque.



**IMAGEN 12:** Parachoques trasero de una cisterna.



### **-Aislamiento de la cisterna. Calorifugado.**

El aislamiento térmico del depósito se realiza para mantener constante la temperatura del producto contenido durante su transporte con el fin de evitar así, que la temperatura del líquido aumente por la acción del sol, aumentando su evaporación y pudiendo producir problemas de presión en el interior de la cisterna.

El calorifugado se lleva a cabo con planchas de poliuretano, lana mineral, lana de cristal o una combinación de ambas, colocadas cubriendo toda la superficie del depósito. Sobre estas planchas, se colocan otras de material plástico o metálico para acabar el aislamiento.

El calorifugado puede ser inflamable. Es habitual que se rompa cuando se produce un accidente sin que se vea afectada la estructura de virolas de la cisterna. En caso de fuga del producto, el calorifugado puede provocar dificultad en la localización del origen o incluso su taponamiento.



**IMAGEN 13:** Cisterna calorifugada.

El aislamiento térmico de la cisterna es necesario cuando:

- Se transporta un producto que es necesario mantener a una temperatura superior a la del ambiente, como por ejemplo, líquidos que a temperatura ambiente se solidifican o se vuelven muy viscosos dificultando su descarga, como por ejemplo el fuel-oil;

- Se transporta un líquido muy volátil a temperatura ambiente;

- Se transporta un gas cuya temperatura debe mantenerse por debajo de la temperatura ambiente, como por ejemplo los gases criogénicos.



El producto a transportar en la cisterna del diseño es ácido sulfúrico. El ácido sulfúrico no es una sustancia excesivamente volátil ni se encuentra en ninguno de los casos anteriores en que se obligaría a aislar térmicamente el depósito según la normativa vigente, por tanto, el diseño se realiza sin calorifugado.

#### **1.4.1.4.3.-Cubetas de derrame.**

Las cubetas de derrame son otro elemento importante y de obligado cumplimiento según el ADR 2013 en el diseño de cisternas.

Las cubetas de derrame son unas cajas que contienen en su interior a las bocas de hombre. Su función es la de recoger el producto que se derrama en el proceso de carga de la cisterna a través de las bocas de hombre y evitar que se vierta al exterior.

Constan en el fondo, de unos agujeros por donde el producto derramado sale y baja a través de unos conductos con válvulas por los cuales se recoge de manera segura.

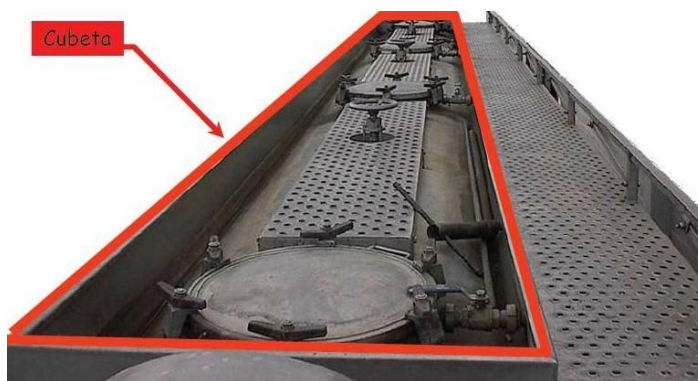
El diseño de las cubetas puede ser individual para cada boca de hombre o ser una única cubeta más grande a lo largo de todo el depósito que contenga todas las bocas de hombre.



**IMAGEN 14:** Cubeta individual.

La cisterna se diseñará con cuatro bocas de hombre colocadas longitudinalmente en la parte superior del depósito, y una sola cubeta de derrame, que se extenderá a lo largo de todo el depósito y que contendrá a las cuatro bocas de hombre tal como se muestra en la siguiente imagen.

La cubeta se fabricará del mismo material que el cuerpo de la cisterna: acero inoxidable 316 L, e irá soldada al depósito longitudinalmente en su parte superior. Sus dimensiones serán de 7130 mm de largo, 1000 mm de ancho, 265 mm de alto y 3 mm de espesor. Tiene que ser totalmente estanca en su interior exceptuando los orificios de desagüe.



**IMAGEN 15:** Cubeta general.

## **1.4.2.-Equipos de servicio.**

### **1.4.2.1-Generalidades.**

Los equipos de servicio se diseñarán de acuerdo con la normativa establecida en el ADR 2013.

Para la fabricación de los equipos de servicio se podrán emplear materiales no metálicos adecuados.

La disposición de los equipos de servicio se diseñará de manera que estén totalmente protegidos del riesgo de ser arrancados y de sufrir algún tipo de avería durante el transporte o durante su manipulación. Tendrán que garantizar una seguridad semejante a la de los elementos estructurales que conforman el depósito.

Los equipos de servicio tendrán que ser compatibles con la mercancía transportada. Además, se diseñarán para resistir las sollicitaciones estáticas y dinámicas, en condiciones normales de transporte, y las tensiones mínimas impuestas indicadas en el ADR 2013, sin pérdidas de contenido.

Las tuberías se diseñarán, fabricarán e instalarán de forma que se evite cualquier riesgo de daño debido a la dilatación y contracción térmica, choques mecánicos o vibraciones.

Se agruparán la mayor cantidad de órganos en el menor número de orificios en la pared de la cisterna. El equipo de servicio, incluyendo las tapas de las aberturas de inspección, conservará su estanqueidad incluso en caso de vuelco del depósito, a pesar de los esfuerzos, en especial las aceleraciones y la presión dinámica del contenido, originados por un choque. Sin embargo, se admitirá un

ligero escape del contenido, debido a una punta de presión en el momento del choque.

Las juntas de estanqueidad estarán constituidas por un material compatible con la sustancia transportada y se sustituirán en el momento en que su eficacia no ofrezca la garantía suficiente, bien por desgaste o vejez.

Las juntas de estanqueidad de los órganos que tengan que maniobrase para los trabajos normales de la cisterna, se diseñarán de modo que la operación del dispositivo en cuya composición intervienen, no ocasione su deterioro.

Las aberturas situadas en la parte inferior y que sirven para el llenado o vaciado de las cisternas que aparecen señaladas en la tabla A, columna 12, del ADR 2013 por un código que lleva la letra B en el tercer apartado, como es el caso de la cisterna del proyecto, estarán equipadas, como mínimo, con tres cierres montados en serie e independientes entre sí. Estos cierres estarán compuestos por:

- Una válvula interna, es decir, una válvula montada en el interior del depósito o en una brida soldada a su contra brida;

- Una válvula externa o un dispositivo equivalente situado en el extremo de cada tubo;

- Y un dispositivo de cierre, en el extremo de cada tubo, que podrá ser un tapón roscado, una brida ciega o un dispositivo equivalente. Este dispositivo de cierre será lo suficientemente estanco para que no haya fuga del contenido. Deberán tomarse medidas para que ninguna presión subsista en el tubo antes de que el dispositivo de cierre esté completamente quitado.

La válvula interna se podrá manejar desde arriba o desde abajo. En ambos casos, su posición (abierta-cerrada) podrá verificarse desde el suelo en la medida de lo posible.

Los dispositivos de mando se diseñarán de modo que no sea posible una apertura intempestiva, a causa de un choque o por una acción no intencionada. En caso de que el dispositivo de mando externo se averíe, el cierre interior debe seguir actuando eficazmente.

Con el fin de evitar cualquier pérdida del contenido en caso de avería de los dispositivos exteriores (bocas, dispositivos laterales de cierre), la válvula interna y su asiento se protegerán contra el riesgo de arrancamiento causado por sollicitaciones exteriores. Los órganos de vaciado y llenado y las tapas de protección que puedan existir, se asegurarán contra cualquier apertura intempestiva.

La posición y el sentido de cierre de las válvulas se mostrarán sin que pueda haber lugar a error.

Las cisternas que no estén cerradas herméticamente como es el caso de la cisterna del proyecto, irán equipadas con válvulas de depresión para evitar una presión interna negativa inadmisible. Estas válvulas de depresión deberán programarse para abrirse a un valor que no sea superior al valor de la depresión para la que se haya diseñado la cisterna.

El depósito y cada uno de sus compartimentos no estancos estarán provistos de una abertura lo bastante grande como para llevar a cabo su inspección.

#### **1.4.2.2.-Bocas de hombre.**

Las bocas de hombre son aperturas circulares que se sitúan normalmente en la parte superior del depósito, las cuales tendrán un diámetro suficiente como para que pueda entrar un operario a través de ellas al interior del depósito para su mantenimiento, registro, inspección o limpieza. Además, el proceso de llenado del depósito se llevará cabo a través de las bocas de hombre.

La cisterna del diseño tendrá cuatro bocas de hombre distribuidas longitudinalmente en la parte superior del depósito, de un diámetro de 500 milímetros.

Cada boca de hombre irá soldada al cuerpo del depósito y la tapa de cierre irá unida al cuello de la misma mediante una bisagra. Además la tapa incorpora una agarradera en la parte opuesta a la bisagra para facilitar su levantamiento cuando se retiren las sujeciones.

Finalmente, cada boca de hombre llevará incorporada una junta de estanqueidad que asegure que no se produzca pérdida de producto, tal como indica el ADR 2013.

La boca de hombre seleccionada para el diseño es el modelo suministrado por la empresa Fort Vale denominada Pendle Manlid Assembly de 500 mm de diámetro, y en concreto, el modelo E3C/6100100B.

Las características más importantes de este modelo de boca de hombre son:

- La presión de diseño es de 3 bares, ensayada hasta 4 bares;
- La temperatura de diseño abarca desde -40 hasta 200 °C.
- Tiene seis puntos de sujeción de apertura y cierre rápido;

- La tapa puede abrirse hasta un ángulo de 135°;
- El espesor del cuello es de 6 mm y la altura de 100 mm;
- La junta de estanqueidad es de 16x10 mm;
- Fabricada en acero inoxidable 316 L;
- El peso de cada unidad es de 30,4 Kg;

El diseño de este modelo de boca de hombre cumple con lo establecido en la norma UNE EN 14025.



**IMAGEN 16:** Boca de hombre.

### **1.4.2.3.-Sistemas de carga y descarga.**

#### **1.4.2.3.1.-Sistema de carga y descarga.**

El sistema de carga y descarga es un sistema de equipo muy importante para el correcto funcionamiento de la cisterna. Un sistema de carga y descarga mal diseñado provocará pérdida de la eficacia de la cisterna y por tanto pérdida de dinero.

El sistema de carga y descarga está formado por un entramado de tuberías, que pueden ir colocadas en la parte superior o inferior del depósito, según el producto a transportar, encargadas de conducir la sustancia desde el interior del depósito hasta su extremo final o desde su extremo final hasta el interior, según sea el proceso que se está realizando. Estas tuberías dispondrán de los cierres indicados

en el ADR 2013, se fabricarán del mismo material que el depósito, acero inoxidable 316 L, e irán unidas a él mediante soldadura.

El diseño del sistema de carga de la cisterna del proyecto será muy sencillo debido a que la carga se llevará a cabo a través de las bocas de hombre situadas en la parte superior. El proceso se basará en adaptar a la boca de hombre un colector a través del cual se verterá el producto en el interior del depósito.

Durante este proceso, las válvulas de cierre de las tuberías de descarga permanecerán perfectamente cerradas para evitar derrames.

El diseño del sistema de descarga de la cisterna constará de una tubería soldada a la parte inferior del depósito, la cual desembocará en la parte trasera del depósito con una caída de diseño del uno por ciento. La válvula de vaciado irá protegida en el interior de una caja metálica cerrada.

El sistema de cierre de la tubería de descarga tendrá que adecuarse a lo establecido en el ADR 2013. El cierre tendrá que estar compuesto por tres cierres montados en serie e independientes entre sí.

El primer cierre será una válvula, denominada válvula de fondo, montada en el interior del depósito y que conectará a éste con el extremo de la tubería de descarga.

La válvula de cierre seleccionada será el modelo Cleanflow Footvalve 90° de 3'' suministrado por la empresa Fort Vale.

Las características más importantes de este modelo son:

- La presión de diseño es de 4 bares, ensayada hasta 6 bares;
- La temperatura de diseño abarca desde -20 hasta 200 °C;
- Fabricada en acero inoxidable 316 L;
- Diseñada con 8 agujeros equidistantes en la brida de unión con el depósito y con 4 agujeros en la brida de unión con la tubería;
- El peso de cada unidad es de 14 Kg;
- Apertura vertical accionada manualmente mediante una palanca.

Además, el diseño de esta válvula incorpora una ranura de cizallamiento, la cual, fallará de tal manera que la parte interna de la válvula quede cerrada y fijada al depósito impidiendo así el derrame del producto transportado. De esta manera se

asegurará que el depósito quede sellado en caso de accidente o de cualquier otro tipo de percance.

El diseño de este modelo de válvula cumple con lo establecido en la norma UNE EN 14433.



**IMAGEN 17:** Válvula de fondo.

La brida seleccionada para la unión entre la válvula de fondo y la tubería de descarga será la Brida ASME B16 Clase 300 de 3'', fabricada en acero inoxidable 316L. La unión de la brida con el depósito se realizará mediante soldadura por arco sumergido y la unión de la brida con la válvula mediante 8 tornillos zincados DIN 931 clase 6.8 con arandela ala ancha zincada DIN 9021.

La las dimensiones de la junta de estanqueidad entre la brida y la válvula se especifican en la Norma DIN 2690, siendo el diámetro interior de 77 mm y el diámetro exterior de 127 mm. Para el espesor de la junta se tendrá en cuenta el tipo de fluido, las condiciones de servicio y la carga sobre los bulones de la brida. Para el proyecto diseñado las juntas tendrán un espesor de 3 mm.

La brida de unión entre el depósito y la válvula de seguridad será del mismo modelo y con las mismas características que la anterior: Brida ASME B16 Clase 300 de 3''.



**IMAGEN 18:** Brida.

El segundo cierre será una válvula de corte externa de bola colocada en el extremo de la tubería de descarga.

La válvula de corte seleccionada será el modelo Blacko Ball Valve BSP de 3'' suministrada por la empresa Fort Vale.

Las características más importantes de este modelo son:

- La presión de diseño es de 7 bares, ensayada hasta 10,5 bares;
- La temperatura de diseño abarca desde -20 hasta 200 °C;
- Fabricada en acero inoxidable 316 L;
- Diseñada con 6 agujeros equidistantes en la brida de unión con la tubería;
- El peso de cada unidad es de 15,5 Kg;
- Apertura horizontal accionada manualmente mediante una palanca.

El diseño de este modelo de válvula cumple con lo establecido en la norma UNE EN 14432.



**IMAGEN 19:** Válvula de corte.



La válvula de corte irá unida a la tubería de descarga mediante una Brida ASME B16 Clase 300 de 3'' tal como se muestra en la siguiente imagen.



**IMAGEN 20:** Brida

El tercer cierre será un tapón roscado, que irá colocado en el extremo de descarga de la tubería detrás de la válvula de corte, fabricado en acero inoxidable 316 L y provisto de una cadena de seguridad. El modelo será suministrado por la empresa Fort Vale. Este dispositivo será lo suficientemente estanco como para asegurar que no se produzcan pérdidas de producto, tal como indica el ADR 2013.



**IMAGEN 21:** Tapón roscado.

El sistema de descarga de la cisterna se completará con la instalación de un colector de presión de 1 pulgada. El colector de presión estará formado por un tubo de acero inoxidable 316 L, cuya conexión estará situada en la parte posterior del depósito junto con la salida de la tubería de descarga y ascenderá verticalmente hasta la parte superior del mismo. Finalmente, se dispondrá

longitudinalmente conectando con cada boca de hombre por medio de una bifurcación con su correspondiente válvula tal como se muestra en la siguiente imagen.



**IMAGEN 22:** Colector de presión.

La función del tubo de presión será la de inyectar aire a una presión de 2 bares como máximo en cada boca de hombre, con el fin de facilitar la descarga del producto.

Además, el tubo de presión dispondrá, en su inicio, de un manómetro que controlará la presión de entrada del aire en el depósito y de una válvula de seguridad que actuará en caso de que la presión del aire inyectado no sea la deseada.



**IMAGEN 23:** Entrada de presión, manómetro y válvula de seguridad.

#### **1.4.2.3.2.-Hermeticidad o ventilación.**

El sistema de ventilación es un dispositivo cuya misión es conferir seguridad intrínseca a las operaciones de carga y descarga de la cisterna, con independencia

de las válvulas y elementos propios de estas operaciones. Es un sistema de seguridad adicional.

La cisterna dispondrá en su parte superior de una válvula de ventilación de accionamiento mecánico, la cual, actuará en sobrepresión y en depresión, a fin de evitar las deformaciones en las paredes de la cisterna en caso de carga o descarga al máximo régimen. La válvula de ventilación actuará tanto durante el transporte del producto como durante los procesos de carga y descarga.

#### **1.4.2.4.-Seguridades.**

##### **1.4.2.4.1.-Medidas a adoptar para evitar la depresión.**

La depresión es un fenómeno físico que se puede dar en el interior de cualquier compartimento de la cisterna, sobre todo en el caso de transporte de sustancias químicas, que consiste en la disminución de la presión en el interior del depósito por debajo de la ambiental.

Este fenómeno puede llegar a causar graves deformaciones en las paredes del depósito que pueden derivar en la rotura del mismo.



**IMAGEN 24:** Cisterna destrozada por efecto de la depresión.

El sistema adoptado para evitar la depresión en el interior del depósito del proyecto, consistirá en la colocación de una válvula de ventilación en la parte superior de la cisterna.

La válvula de ventilación se programará para abrirse o cerrarse automáticamente con el fin de mantener en el interior del depósito la presión adecuada. De esta manera se protegerá a la cisterna no solo de la depresión sino también de la sobrepresión.

La válvula de ventilación se accionará cuando la presión en el interior del depósito sea superior o inferior en 10 milibares a la presión de servicio máxima para evitar la sobrepresión y la depresión respectivamente, según indica el documento NTP 356.

La válvula de ventilación escogida para el diseño será el modelo C802f-80 de 3 pulgadas de la marca Jialong. La válvula está fabricada en aleación de aluminio, con una presión de diseño de 3 bares y con un accionamiento neumático utilizando aceite como líquido de trabajo. Su unión al depósito se realizará mediante una brida ASME B-16 de 2'' y cuatro orificios de unión.

La válvula de ventilación actuará tanto durante el transporte como durante los procesos de carga y descarga.



**IMAGEN 25:** Válvula de ventilación.

#### **1.4.2.4.2.-Conexiones de seguridad equipotencial: interior y exterior.**

Las conexiones de seguridad equipotencial son un dispositivo de protección de obligado uso en camiones cisterna según indica el ADR 2013. La conexión equipotencial es un procedimiento mediante el cual se conecta, de manera intencionada, eléctricamente, todas las superficies metálicas expuestas que no deban transportar corriente: virolas, cascos, rompeolas, equipos de servicio metálicos, soportes y chasis del semirremolque.

El Código Eléctrico Nacional define la conexión equipotencial como la unión permanente de partes metálicas para formar un trayecto eléctricamente conductivo que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad, cualquier corriente impuesta.

La función de la conexión de seguridad equipotencial será la de ayudar a descargar eléctricamente el vehículo cisterna de la electricidad estática de la que se haya cargado, por el efecto de la fricción del líquido con la pared del depósito en su interior, por la fricción del líquido con las tuberías y las diferentes válvulas de entrada y salida en el proceso de carga y descarga y por la fricción del aire con la pared del depósito en su exterior.

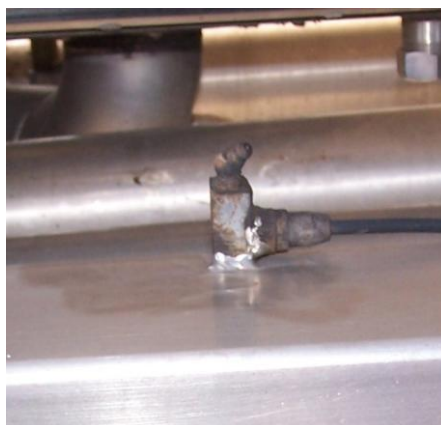
Todas las partes conductoras de la cisterna sobre las que se pueda generar electricidad estática, estarán conectadas eléctricamente entre sí, estando a su vez el conjunto conectado a tierra.



**IMAGEN 26:** Cable de conexión a tierra.

La cisterna dispondrá de un borne soldado en la parte posterior y conectado eléctricamente con todas las partes conductoras del conjunto, al cual se le conectará un cable de cobre que desembocará en la toma de tierra, descargando así eléctricamente el conjunto. Este borne permanecerá siempre limpio y sin pintar para asegurar la continuidad eléctrica.

Este procedimiento de descarga eléctrica del camión cisterna será de obligado cumplimiento, como indica el ADR 2013, en operaciones de carga y descarga, en operaciones de repostaje del vehículo, y en general siempre que el camión cisterna entre en una estación de servicio.



**IMAGEN 27:** Borne de descarga de electricidad estática.

#### **1.4.2.4.3.-Escalerilla y pasarela.**

La cisterna se diseñará con una pasarela superior. La pasarela será un pasillo metálico formado por un entramado a lo largo de la parte superior de la cisterna, cuya funcionalidad será la de facilitar el tránsito y la operatividad precisa para efectuar con seguridad las maniobras de apertura y cierre de las bocas de hombre e inspección del interior de los compartimentos.



**IMAGEN 28:** Pasarela con plataforma de desembarco desde la escalera de acceso.

Su disposición será la de un pasillo de anchura constante a lo largo de la generatriz superior del depósito, de longitud comprendida entre el último peldaño de la escalera y un mínimo de 400 mm desde que se sobrepasa la última boca de hombre. La anchura de la plataforma será de 400 mm.

Además de la pasarela superior, la cisterna se diseñará también con una escalera vertical formada por un conjunto de peldaños antideslizantes, que irá en la parte

posterior del depósito y desembocará en el inicio de la plataforma superior dando acceso a ella.

La altura máxima desde el suelo hasta el primer peldaño de la escalera será de 50 centímetros a vehículo vacío. Como primer peldaño se podrá utilizar en caso necesario y previo acondicionamiento la parte superior del parachoques trasero. El último peldaño estará a la misma altura que la pasarela superior de desembarque. Para facilitar el acceso desde la escalera hasta la pasarela, la escalera dispondrá de dos barandillas que se elevarán sobre ella.

El diseño de la escalera se realizará de tal forma que ningún elemento que la compone obstaculice la introducción o retirada de las mangueras de la válvula de corte situada en la parte trasera de la cisterna.



**IMAGEN 29:** Escalera trasera de acceso al domo de la cisterna.

#### **1.4.2.4.4.-Sistema de drenaje.**

El sistema de drenaje consistirá en un orificio, con su correspondiente válvula de cierre, que se colocará en la parte más baja del depósito, cuya finalidad será la de vaciar por completo la cisterna de cualquier residuo.

La válvula del orificio de drenaje sólo se abrirá cuando la cisterna se haya vaciado y desgasificado totalmente.

#### **1.4.2.4.5.-Componentes auxiliares.**

El diseño de todos los sistemas de servicio que complementan el depósito concluye con la colocación de una serie de dispositivos que ayudarán a conocer



el estado en el que se encuentra el producto en el interior de la cisterna en cada momento. Estos dispositivos son los termómetros, los manómetros y los detectores de nivel.

La cisterna del proyecto llevará instalado un termómetro que permitirá conocer la temperatura en el interior del depósito en cada momento. Su bulbo no se encontrará en contacto directo con el interior del depósito, sino que irá alojado en una funda ciega que impedirá que el producto pueda escaparse.

La cisterna constará igualmente de un manómetro que indicará la presión en su interior. Además, se instalará un manómetro en la entrada del colector de presión para controlar en todo momento la presión del aire que se introduce en la cisterna durante el proceso de vaciado.



**IMAGEN 30:** Manómetro.

La cisterna llevará un detector de nivel máximo que indicará el nivel del líquido durante el proceso de carga para evitar así el sobrellenado.

Este sistema estará compuesto por una válvula de accionamiento manual instalada en la parte superior de la cisterna y por cuya parte interior se prolongará por medio de un tubo sonda que desciende hasta el nivel que como máximo debe alcanzar el líquido en el interior de la cisterna.

La válvula, cuyo orificio de salida es pequeño, permanecerá abierta durante los últimos momentos de la carga, indicando cuando se ha alcanzado el grado máximo de llenado en el momento en el que por su orificio de purga deje de salir gas y comience a salir el producto líquido.

La válvula llevará acoplado un manómetro para evitar que ésta se encuentre en constante presión.



Adicionalmente, la válvula de corte llevará un acoplamiento de la marca Weco, el cual tiene la función de facilitar una conexión rápida y segura a la instalación fija.

Este sistema de acoplamiento se constituye de dos partes: el racor macho y el racor hembra.

El racor macho es una pieza de acero que va unida por uno de sus extremos a la válvula referida y por el otro termina en un alojamiento troncocónico con una rosca externa.

El racor hembra es una pieza en forma de segmento esférico y otra que puede girar, dispone de una rosca interior y de dos orejetas sobre las que se puede actuar para su roscado y apriete al racor macho. Está en el extremo libre del brazo de la instalación fija.

Las superficies de las dos piezas se encuentran perfectamente pulidas, cuando están acopladas existe una línea de contacto perfectamente circular consiguiendo una perfecta unión estanca entre las dos instalaciones.

Todos los componentes auxiliares serán seleccionados de entre los diferentes modelos que oferta la empresa Omega.

### 1.4.3.-Semirremolque-vehículo. Sistema de unión.

La cisterna del proyecto se diseñará sobre un semirremolque sobre el que descansará. El semirremolque del diseño será un modelo fabricado por la empresa Julián Rojo S.L. de dos ejes.

Las características principales del semirremolque son:

CARACTERÍSTICAS	
<b>Longitud</b>	2.500 mm
<b>Bastidor</b>	Bastidor aligerado para mejorar la tara de la unidad construido, en vigas ensambladas con perfilería especial y refuerzos en tren de rodaje.
<b>Vigas</b>	Vigas maestras fabricadas con sistema de soldadura por arco sumergido, alma chapa y pasamanos de material de alta resistencia y totalmente soldados por ambos lados.
<b>King-Pin</b>	King-Pin desmontable por la parte inferior. Chapa de King-Pin antidesgaste.
<b>Patas telescópicas</b>	Dos pies de apoyo telescópicos y manuales de 2 velocidades.
<b>Paragolpes</b>	Paragolpes trasero homologado de tubo estructural.
<b>Acabado trasero</b>	Soporte pilotos en acero inoxidable. Hueco entre vigas

	chasis en acero inoxidable.
<b>EJES</b>	
<b>Número de ejes</b>	2 ejes reforzados.
<b>Disco/Tambor</b>	Frenos de disco.
<b>Opciones de ejes</b>	Accionamiento desde cabina por electroválvula.
<b>SUSPENSIÓN</b>	
<b>Características</b>	Neumática con válvula de variación de altura.
<b>Complementos</b>	Suspensión mecánica con ballesta parabólica.
<b>NEUMÁTICOS</b>	
<b>Número de neumáticos</b>	2 neumáticos por eje más 1 de repuesto.
<b>Marca</b>	Michelin.
<b>Tipo de llanta</b>	Aluminio.
<b>Guardabarros</b>	Independiente con faldón antispray.
<b>RUEDA REPUESTO</b>	
<b>Tipo de soporte</b>	En caja bajo chasis.
<b>Capacidad</b>	1 neumático.
<b>FRENOS Y SISTEMA DE SEGURIDAD</b>	
<b>Composición</b>	Homologada según directiva CEE. Cabezas de acoplamiento según normas ISO. Válvula correctora del frenado en función de la carga/ALB, relé de urgencia, cámaras/actuadores de freno, filtros de aire en ambos circuitos.
<b>ABS</b>	ABS 1 eje.
<b>Marca de la valvulería</b>	Haldex.
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	
<b>Especificaciones eléctricas</b>	Cable PUR blindado, homologado para la obtención de certificado ADR, cumpliendo norma estanqueidad IP-68.
<b>Componentes I.E.</b>	Luces laterales, luces de gálibo en paragolpes, 3ª luz de freno, indicador acústico marcha atrás.
<b>PINTURA</b>	
<b>Proceso</b>	Granallado con aplicación posterior de dos capas de imprimación acrílica antioxidante y pintado con esmalte de dos componentes con resinas de alta calidad.
<b>Color</b>	Rojo.

El vehículo transportador será una cabeza tractora de la marca Mercedes Benz modelo Axor 2035S 36.(Ver Anexo II)

Para realizar la unión entre el semirremolque y el camión se instalará la placa porta 'King pin' en la parte delantera inferior de la cisterna, que hará de soporte de este elemento de unión entre el semirremolque y el camión. En la parte trasera del bastidor del camión se instalará la quinta rueda lo más cerca posible del eje trasero, que junto con el King pin completará el sistema de unión.

#### 1.4.3.1.-Quinta rueda (5th Wheel).

La quinta rueda es una pieza en forma de disco situada sobre una placa regulable que se colocará sobre o cerca, según el diseño, del eje trasero del camión y que irá atornillada al bastidor de éste. Este disco se coloca paralelo al suelo y es incompleto, ya que, le falta una porción en forma de cuña, en su parte trasera, que será por dónde se realice el enganche con el semirremolque. Debido a las grandes cargas que deberá soportar y a la importancia de esta pieza los materiales utilizados para su fabricación serán muy resistentes. La estructura exterior de la quinta rueda es de acero fundido, mientras que el sistema de enganche interno es de acero forjado, endurecido y maquinado.

Las quintas ruedas de última generación incorporan una serie de características que las hacen más funcionales, más seguras y más fáciles de manejar.

El diseño del proyecto se realizará con una quinta rueda de la marca Holland modelo FW 35. Este modelo incorpora las siguientes características:

- Capacidad de carga máxima vertical de 25000 kg;
- Funcionamiento completamente libre de grasa;
- Indicador de cierre visual que ayuda al conductor a estar seguro de que el mecanismo está completamente cerrado, garantizando el enganche correcto;
- Sistema de enganche interno que protege contra enganches realizados a una altura inadecuada, con una mayor área de contacto entre el perno rey y los seguros y bloqueos de acero forjado;
- Indicador de bloque electrónico en la cabina para proporcionar la seguridad al conductor de que el enganche se ha realizado de manera correcta;
- Sistema de liberación de bloqueo de la quinta rueda desde la cabina;
- Apertura más amplia de la garganta, lo que permite una alineación del semirremolque más sencilla durante el enganche;
- Revestimientos ‘NO LUBE’ libres de lubricación.



**IMAGEN 31:** Quinta rueda y soporte regulable.

#### **1.4.3.2.-King-pin.**

El King-pin es el otro componente que proporcionará la unión entre el camión y el semirremolque. Irá atornillado debajo de la parte delantera del semirremolque, y consiste en un bulón dispuesto de forma vertical.

El King-pin seleccionado para el diseño es el modelo LDKB-5012 de 2 pulgadas de la marca Land D.

El acoplamiento mecánico se efectúa alojando el King-pin en el centro de la quinta rueda y fijándolo por medio de unas mordazas dispuestas a tal efecto. Para facilitar esta maniobra de acoplamiento la quinta rueda dispone de una garganta que orienta al King-pin hasta el centro de la misma.

El funcionamiento del mecanismo formado por la quinta rueda y el King-pin permitirá que el conjunto camión-semirremolque pueda hacer giros y proporcionará estabilidad y maniobrabilidad en la carretera.



**IMAGEN 32:** King-pin.

### **1.4.3.3.-Ubicación de la quinta rueda.**

Los factores que se tendrán en cuenta durante el proceso de elección de la ubicación más idónea para la colocación de la quinta rueda sobre el bastidor del camión serán:

- El tipo de chasis;
- La distancia entre los ejes del camión;
- El equipamiento del chasis;
- Las cargas deseadas sobre los ejes;
- La legislación.

La colocación demasiado adelantada de la quinta rueda respecto del eje trasero del camión (más de 700 mm) provocará una peor maniobrabilidad del vehículo, existiendo además un riesgo de superar el peso máximo admitido sobre el eje delantero.

Si la quinta rueda se coloca sobre el eje trasero del camión, este efecto negativo disminuye, aunque empeorará la capacidad direccional y el conductor no tendrá buen control del semirremolque.

Si se coloca la quinta rueda a una distancia demasiado próxima al eje trasero del camión, el semirremolque tenderá a desplazar al camión lateralmente.

Por tanto, se debe elegir una posición intermedia, que combine buenas características de conducción con una distribución aceptable de la carga sobre los ejes.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la ubicación de la quinta rueda sobre el bastidor del chasis, para el diseño del proyecto, se hará a una distancia, por delante del eje trasero del camión, de 360 mm, que corresponde al 10% de la distancia entre los dos ejes del camión, tal y como indica el ADR 2013.

### **1.4.3.4.-Montaje de la quinta rueda.**

La quinta rueda irá montada sobre una placa de montaje regulable. La placa de montaje proporciona un soporte adecuado para fijar la quinta rueda al bastidor auxiliar, el cual irá a su vez fijado al bastidor del chasis del camión. Para que la placa de montaje no se doble hacia abajo, ésta llevará unos travesaños colocados

debajo formando una pequeña estructura. La placa de fijación estará diseñada de forma que la presión se distribuya uniformemente en cuatro superficies de apoyo.

La unión de la quinta rueda y su placa de montaje con el camión se hará por medio de un bastidor auxiliar formado por perfiles Z. El bastidor auxiliar actuará distribuyendo la carga puntual de la quinta rueda sobre el chasis del vehículo, reforzándolo al mismo tiempo. Además el uso del bastidor auxiliar permitirá elevar la posición de la quinta rueda, lo cual puede ser necesario para garantizar el espacio libre entre las ruedas y el extremo posterior del chasis con el semirremolque.

### **1.5.-Marcado.**

La cisterna llevará incorporada una placa con una serie de información detallada acerca de algunas características de diseño, construcción y pruebas. Este requisito es de obligado cumplimiento según el ADR 2013.

La cisterna llevará una placa resistente a la corrosión, fijada de modo permanente en la cisterna, en un lugar de fácil acceso para su inspección. En esta placa se mostrarán, por estampado o por cualquier otro método semejante, como mínimo, los datos que se relacionan a continuación. Se admitirá que estos datos se graben directamente en las paredes del depósito propiamente dicho, con la condición de que estas se refuercen de modo que no se comprometa la resistencia del mismo:

- Número de aprobación;
- Designación o marca del fabricante;
- Número de serie de fabricación;
- Año de construcción;
- Presión de prueba (manométrica);
- Presión de cálculo;
- Capacidad del depósito (si es compartimentada la de cada compartimento);
- Temperatura de cálculo (solamente si es superior a 50 °C o inferior a -20 °C);
- Fecha y tipo de la última prueba sufrida (mes y año) seguido de una P cuando esta prueba sea la prueba inicial o una prueba periódica, o mes y

año seguido por una L cuando esta prueba sea una prueba de estanqueidad intermedia según indica el ADR 2013;

- Cuño del perito que ha realizado las pruebas;
- Material del depósito y referencia a las normas de los materiales, si fueran disponibles, y, en su caso, del revestimiento de protección;
- Presión de prueba del conjunto del depósito y presión de prueba por compartimentos en MPa o bar, si la presión por compartimentos fuera inferior a la presión para el depósito.

Además, la presión máxima de servicio autorizada se inscribirá sobre las cisternas de llenado o vaciado a presión.

La cisterna llevará otra placa adicional donde se indicará:

- El nombre del propietario o del explotador;
- Masa de vacío del vehículo cisterna;
- Masa máxima autorizada del vehículo cisterna.



IMAGEN 33: Placa de marcado.

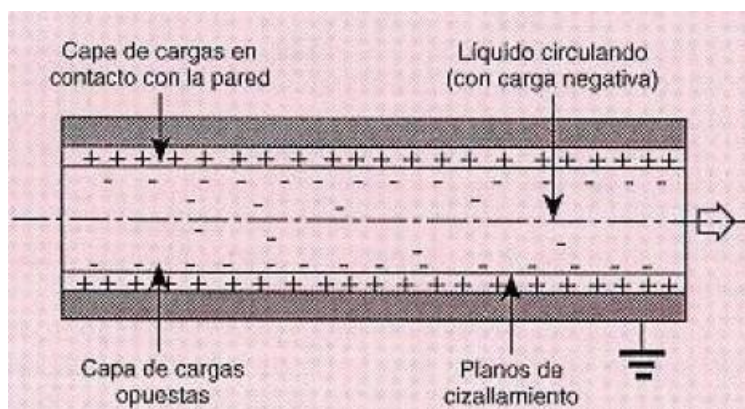
## 1.6.-Equipamiento de la cisterna.

### 1.6.1.-Electricidad estática.

La electricidad estática constituye un desequilibrio transitorio en la distribución de cargas por transferencia entre la superficie de dos elementos o medios suficientemente próximos, con la creación de un campo eléctrico y una



diferencia de potencial que pueden alcanzar valores muy elevados. El mecanismo de carga de los líquidos en circulación, considerados como electrolitos débiles, obedece a la teoría de ‘la doble capa eléctrica’, según la cual los iones de un determinado signo son absorbidos preferentemente por la superficie del sólido que los contiene, formándose, consecuentemente, una capa de determinada polaridad, sobre la que se deposita una segunda capa de iones de carga opuesta.



**IMAGEN 34:** Transferencia de carga entre líquidos y sólidos según la teoría de la doble capa.

La generación de electricidad estática en camiones cisterna admite varios orígenes en función de si el líquido está siendo transportado o cargado y descargado de la cisterna.

En el proceso de carga y descarga del producto la generación de la electricidad estática se origina por tres mecanismos fundamentales:

- El primero es debido a la filtración del producto a través de los diminutos orificios del filtro, operación que puede producir alto niveles de carga;
- El segundo es el producido por el movimiento del producto a través de los filtros de malla intercalados en los circuitos de manipulación (en el caso de bridas con filtro);
- El tercero es el producido por el simple movimiento del líquido a lo largo de la tubería, dependiendo la generación de cargas de la clase de producto y de su velocidad de circulación.

En el proceso de transporte del producto la electricidad estática se genera por:

- La fricción del líquido con las paredes interiores del depósito;



- La fricción del aire con las paredes exteriores del depósito o cualquier parte conductora.

El peligro fundamental que ofrece la acumulación de electricidad estática en la cisterna es el de generar una chispa que pueda provocar un incendio. Para que una carga electrostática pueda constituir una fuente de ignición en el interior de un recinto vacío deben concurrir las siguientes condiciones:

- Existencia de elementos generadores de cargas electrostáticas;
- Acumulación suficiente de cargas electrostáticas como para generar chispas;
- Presencia de una mezcla inflamable susceptible de ignición.

En general, la probabilidad de que se den simultáneamente una atmósfera explosiva y una descarga con liberación suficiente de energía como para causar una ignición, es relativamente baja. Por ello, no resulta raro constatar la existencia de operaciones con riesgo de cargas electrostáticas que llevan realizándose mucho tiempo sin que hayan surgido incidentes.

Existen dos procedimientos por los cuales se puede controlar de manera apropiada la generación y acumulación de cargas electrostáticas:

- Mediante el control de la velocidad de flujo y del sistema de llenado;
- Mediante el incremento de la conductividad del producto añadiéndole una serie de aditivos.

Una vez conseguido el control apropiado sobre la generación de electricidad estática se hace necesario crear las condiciones precisas para que las cargas que se puedan formar sean fácilmente eliminadas. Ello se consigue mediante un procedimiento basado en la interconexión de todas las superficies conductoras sobre las que se puede formar electricidad estática, estando a su vez el conjunto conectado a tierra. La conexión englobaría a los compartimentos objeto del trasvase y al equipo de bombeo y sus conducciones.

Los cables de conexión pueden ser aislados o no. El uso de estos últimos permite visualizar la continuidad eléctrica. En el caso de utilizar los aislados se precisa de una comprobación que constata su continuidad.

El ADR 2013 obliga a todos los camiones cisterna que transportan mercancías peligrosas a adoptar las medidas de seguridad necesarias, anteriormente explicadas, para evitar cualquier riesgo que pueda producirse por la generación de electricidad estática.

### 1.6.2.-Dispositivos de seguridad adicionales.

La seguridad es el aspecto más importante en el diseño de cisternas que transportan mercancías peligrosas por carretera. Por ello, además de todos los elementos de seguridad ya expuestos con anterioridad, el ADR 2013 obliga a que el camión cisterna contenga los siguientes equipos de protección y seguridad adicionales:

- Casco de seguridad de policarbonato y fibra de vidrio;
- Protección facial;
- Protección respiratoria para ácido;
- Botas de goma con puntas de acero;
- Guantes de PVC;
- Pantalón y chaqueta impermeable de caucho de butilo;
- Botiquín de primeros auxilios completo;
- Un bidón de agua potable de 5 litros como mínimo;
- Un saco de cal apagada o arena;
- Dos extintores de CO<sub>2</sub> o polvo químico seco de capacidad mínima de 12 kg según indica el ADR 2013 para transportes superiores a 7500 kg;
- Dos señales de advertencia autoportantes;
- Una cuña o calzo de seguridad.

### 1.6.3.-Equipamiento eléctrico.

La instalación eléctrica de la cisterna deberá satisfacer las disposiciones establecidas en el ADR 2013.

- **Canalizaciones:** las instalaciones se calcularán por exceso con el fin de evitar recalentamientos. Deberán estar aisladas convenientemente. Todos los circuitos estarán protegidos por fusibles o por disyuntores automáticos a excepción de los siguientes circuitos: desde la batería hasta el sistema de arranque en frío y de parada del motor, desde la batería hasta el alternador, desde el alternador hasta la

caja de fusibles, desde la batería hasta el motor de arranque del motor y desde la batería hasta el mecanismo de elevación del eje del bogie.

Los circuitos sin proteger anteriormente mencionados se diseñarán lo más cortos posible.

Las canalizaciones eléctricas deberán estar sólidamente fijadas y colocadas de tal modo que las instalaciones queden protegidas convenientemente contra las agresiones mecánicas y térmicas.

- **Desconector de baterías:** se colocará lo más cerca posible de la batería para permitir cortar los circuitos eléctricos. Si se utiliza un interruptor monopolar, deberá colocarse en el cable de alimentación y no en el de tierra.

En la cabina de conducción se instalará un dispositivo de mando para la apertura y cierre del interruptor. Deberá ser de fácil acceso para el conductor e ir correctamente señalizado. Además, llevará una tapa de protección para evitar su accionamiento involuntario.

- **Baterías:** los bornes de las baterías deberán estar aislados eléctricamente por la tapa del cofre de la batería. Si las baterías estuvieran situadas en otra parte que no fuera bajo el capó del motor, deberán estar fijas en un cofre de baterías ventilado.

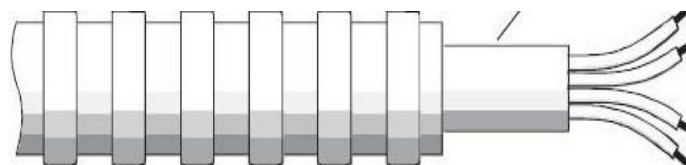
- **Circuitos con alimentación permanente:** las partes de la instalación eléctrica, incluyendo los cables, que deberán permanecer en tensión cuando el desconector de baterías esté abierto, deberán ser de características apropiadas para su utilización en zona peligrosa.

Los cables de alimentación del equipamiento eléctrico permanentemente en tensión, deben estar protegidos por un fusible o un desconector automático colocado lo más cerca posible de la fuente de tensión, o bien, en caso de un equipamiento intrínsecamente seguro, estar protegido por una barrera de seguridad colocada lo más cerca posible de la fuente de tensión.

Las conexiones en derivación en el desconector de baterías para el equipamiento eléctrico que deban permanecer bajo tensión cuando se abra el desconector de baterías, deberán estar protegidas contra una sobrecarga por un medio apropiado tal como un fusible, un cortocircuito o un limitador de corriente.

- **Instalación eléctrica colocada en la parte posterior de la cabina de conducción:** el conjunto de esta instalación se diseñará, ejecutará y protegerá de tal modo que no pueda provocar inflamaciones ni cortocircuitos en las condiciones normales de utilización de los vehículos y minimizar tales riesgos en caso de choque o deformación.

Las canalizaciones situadas en la parte posterior de la cabina deberán estar protegidas contra los choques, la abrasión y el rozamiento durante la utilización normal del vehículo. Los cables sensores de los dispositivos de frenado antibloqueo no necesitarán una protección suplementaria.



**IMAGEN 35:** Protección de las canalizaciones eléctricas mediante un tubo ondulado de poliamida.

- **Alumbrado:** no se utilizarán nunca lámparas con casquillo a rosca.
- **Conexiones eléctricas:** las conexiones eléctricas entre el vehículo y el remolque deberán ser conformes con el grado de protección IP54 según la norma CEI 60529 y estarán diseñadas de forma que se impida cualquier derivación accidental.

#### 1.6.4.-Señalización y alumbrado.

La señalización y el alumbrado de la cisterna irán de acuerdo con el Reglamento de Vehículos. Según este reglamento, la cisterna irá provista de los siguientes dispositivos de señalización y alumbrado:

- Luces indicadoras de dirección con señal de emergencia;
- Luz de frenado;
- Luz de la placa posterior de la matrícula;
- Luz de posición delantera, trasera y lateral;
- Luz de gálibo si la anchura del semirremolque es superior a 2100 milímetros;
- Catadióptricos traseros triangulares;
- Catadióptricos delanteros y laterales no triangulares.

### **1.6.5.-Placas de identificación y peligro.**

La cisterna y el camión tractor irán provistos de una serie de placas de identificación y peligro que completen el sistema de seguridad del conjunto.

La cisterna llevará incorporadas, en su parte trasera, las siguientes placas:

- Panel naranja: que indicará el número de identificación de peligro del ácido sulfúrico, 80, y su número ONU 1830;
- Placa de peligro: que indicará el principal peligro del ácido sulfúrico, altamente corrosivo, y la clase a la que pertenece, clase 8.
- Paneles de vehículo largo: que indicarán que el conjunto del vehículo cisterna supera los 12 metros de longitud. Estos paneles deberán ser reflectantes para que puedan ser visualizados durante la noche.

Además, la cisterna incorporará una placa de peligro, idéntica a la que lleva en la parte trasera, en cada lateral.

Finalmente, el vehículo tractor incorporará en su parte delantera un panel naranja idéntico al que lleva la cisterna en su parte posterior.

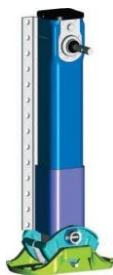
### **1.6.6.-Tren de aterrizaje telescópico.**

La cisterna llevará incorporado un sistema de apoyo en su parte delantera, atornillado directamente al depósito, que entrará en funcionamiento cuando no se encuentre unida al vehículo motor. El sistema estará constituido por dos patas telescópicas las cuales se desplegarán para apoyar de manera segura y estable al suelo la parte delantera del conjunto cisterna-semirremolque.

Las patas de apoyo telescópicas seleccionadas para el diseño del proyecto serán de la marca JOST modelo CH.

Sus características principales son: carga estática de hasta 66 toneladas, máxima resistencia a la flexión y a los golpes, placa de fijación continua, engranajes preparados para cargas muy pesadas y tubo exterior e interior reforzado.

El accionamiento de las patas se hará manualmente por medio de una manivela.



**IMAGEN 36:** Pata telescópica de apoyo.



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**



**DOCUMENTO N° 2**

**CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

**AUTOR: JOSÉ CARAVACA GARCÍA**

**TITULACIÓN: I.T.I. MECÁNICA**

**DIRECTOR: FEDERICO CERÓN DE LARA**

**ENERO 2015**



## ÍNDICE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	62
2.1.-Cálculo de los espesores de chapa.....	62
2.1.1.-Cálculo del peso máximo de producto transportado.....	63
2.1.2.-Aplicación del método de cálculo de la Norma UNE-EN 13094..	64
2.2.-Determinación del esfuerzo en los elementos de la cisterna.....	87
2.2.1.-Cálculo de durmientes.....	87
2.3.-Estabilidad de la cisterna.....	89
2.4.-Velocidad límite de vuelco.....	92
2.5.-Velocidad límite de derrape.....	95
2.6.-Tornillos de anclaje del soporte de la quinta rueda.....	97
2.7.-Soldaduras.....	100
2.8.-Aislamiento térmico.....	101

## 2.-MEMORIA JUSTIFICATIVA.

### 2.1.-Cálculo de los espesores de chapa.

El cálculo del espesor de la chapa para las virolas, cascos, y bridas se realiza siguiendo las especificaciones establecidas en el ADR 2013 y la Norma UNE-EN 13094.

El material seleccionado para la construcción del depósito cisterna es el acero inoxidable 316 L.

Los datos de diseño de los que se parte para el cálculo del espesor de chapa de los fondos, las virolas, los rompeolas y las bridas son:

- La densidad del acero 316 L es de  $\rho = 8000 \text{ Kg/m}^3$ .
- El diámetro equivalente interior del depósito es  $Deq = 1375,53 \text{ mm}$ .
- El límite elástico aparente es  $Re = 220 \text{ MPa}$ .
- La resistencia a la rotura por tracción es  $Rm = 500 \text{ MPa}$ .
- El coeficiente teniendo en cuenta el debilitamiento debido a las juntas soldadas y vinculado a sus métodos de control es  $\lambda = 1$ .

En primer lugar se calculará el grado de llenado de la cisterna, que se obtendrá de la siguiente expresión sacada del ADR 2013:

$$G = \frac{98}{1 + \alpha * (50 - tf)} \% \text{ de la capacidad}$$

El parámetro  $\alpha$  representa el coeficiente medio de dilatación cúbica del líquido entre 15 y 50 °C, es decir, para una variación máxima de 35 °C.

$$\alpha = \frac{d_{15} - d_{50}}{35 * d_{50}}$$

En la ecuación anterior  $d_{15}$  y  $d_{50}$  representan los valores de la densidad del producto a 15 y 50 °C respectivamente.

El valor de  $d_{15} = 1840 \text{ Kg/m}^3$ , el  $d_{50} = 1800 \text{ Kg/m}^3$  y el de  $t_f = 15^\circ\text{C}$ , por lo tanto,  $\alpha$  se calcula:

$$\alpha = \frac{1840 - 1800}{35 * 1800} = 6,35 * 10^{-4}$$

Y el valor del grado de llenado será:

$$G = \frac{98}{1 + (6,35 * 10^{-4} * 35)} = 95,87\%$$

El grado de llenado de la cisterna del diseño será del 95 % del total de la capacidad del depósito.

### **2.1.1.- Cálculo del peso máximo de producto transportado.**

La masa máxima transportada por la cisterna será aquella que se transporta cuando el grado de llenado de la misma es del 95% de su capacidad total.

El ácido sulfúrico en condiciones normales y de transporte es una sustancia cuyo estado es líquido. No obstante, para realizar los cálculos de la masa transportada, se considerará que el 95% de ácido sulfúrico transportado será líquido y el 5% restante gas.

El volumen total de la cisterna es de  $11,9 \text{ m}^3$  de los cuales el 95% estará en fase líquida y el 5% en fase gaseosa.

$$V_{\text{liq}} = 11,9 (\text{m}^3) * 0,95 = 11,305 \text{ m}^3; \text{ ácido sulfúrico en estado líquido};$$

$$V_{\text{gas}} = 11,9 (\text{m}^3) * 0,05 = 0,595 \text{ m}^3; \text{ ácido sulfúrico en estado gas};$$

La masa de ácido sulfúrico líquido transportada será:

$$m_{liq} = \rho_{liq} * V_{liq} = 1.840 \text{ (kg/m}^3\text{)} * 11,305 \text{ (m}^3\text{)} = 20.801,2 \text{ kg};$$

La masa de ácido sulfúrico gas transportada será:

$$n_{gas} = \frac{P * V}{R * T} = \frac{(0,240 \text{ (atm)}) * 595 \text{ (l)}}{323 \text{ (K)} * 0,082 \left(1 * \frac{\text{atm}}{\text{mol}} * \text{K}\right)} = 5,39 \text{ moles de gas}$$

$$m_{gas} = n_{gas} * P_{mgas} = 5,39 \text{ (moles)} * 98 \text{ (g/mol)} = 528,22 \text{ g} = 0,53 \text{ kg};$$

La masa total será la suma de la masa de cada fase:

$$m_{total} = m_{gas} + m_{liq} = 0,53 \text{ (kg)} + 20.801,2 \text{ (kg)} = 20.801,73 \text{ kg};$$

El peso transportado a carga máxima será:

$$M_p = m_{total} * g = 20.801,73 \text{ (kg)} * 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)} = 204.064,95 \text{ N};$$

### **2.1.2.- Aplicación del método de cálculo de la Norma UNE-EN 13094.**

Se aplicará el método de cálculo desarrollado en el Anexo A-5 de la Norma UNE-EN 13094:2008 para el cálculo de los espesores de chapa de todos los elementos que constituyen la estructura de la cisterna: virolas, fondos, rompeolas y bridas.

La tabla A.1 presenta todos los parámetros dimensionales de la cisterna que intervendrán en los cálculos.

**Tabla A.1 – Parámetros dimensionales.**

Nº	Elemento	Símbolo	Unidad	Valor
1	Longitud de la cisterna	Lt	mm	7.800
2	Peso bruto máximo (cisterna llena y vehículo)	M	N	392.400
3	Carga útil (peso bruto máximo-tara)	Q	N	258.984
4	Posición del soporte trasero	Lb	mm	2.000
5	Distancia entre soportes	Lep	mm	4.800
6	Reacción del soporte delantero	Fr1	N	102.514,5
7	Reacción del soporte trasero	Fr2	N	156.469,5
8	Gravedad específica máxima del producto	d	kg/m <sup>3</sup>	1.840
9	Altura máxima de llenado	h	mm	1.130,5
10	Diámetro equiv. de la sección transversal	Deq	mm	1.375,5
11	Radio interno del reborde	r	mm	200
12	Radio interno de la corona	R1	mm	1850
13	Límite de elasticidad aparente a la tª de diseño	Ret	N/mm <sup>2</sup>	400
14	Resistencia a la tracción a la tª de diseño	Rmt	N/mm <sup>2</sup>	550
15	Peso del producto transportado	Mp	N	204.064,95
16	Módulo elástico de tracción (módulo de Young)	E	N/mm <sup>2</sup>	210.000
17	Distancia desde la parte trasera de la cisterna hasta el punto con el momento de flexión máxima	X	mm	3110,25
18	Mitad del ángulo de la envoltura cónica	β	°	0

A continuación se detallan los cálculos efectuados para la obtención de los parámetros de la tabla anterior.

El peso bruto máximo se obtiene del valor de la carga máxima que puede soportar el semirremolque del diseño (carga útil). En este caso el valor de la carga útil suministrado por la empresa Rojo S. L. del semirremolque seleccionado para el diseño es de 26.400 kg. El peso bruto máximo será:

$$M = 26.400 \text{ (kg)} * 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)} = 258.984 \text{ N.}$$

La altura máxima de llenado se obtiene multiplicando el grado de llenado por la altura interior de la cisterna (1.190 mm):

$$h = 0,95 * 1.190 = 0,95 * 1.190 \text{ (mm)} = 1.130,5 \text{ mm.}$$

El diámetro equivalente por tratarse de una cisterna con sección no circular (elíptica) será:

$$Deq = 2 * \sqrt{\frac{St}{\pi}} = 2 * \sqrt{\frac{1,486 \text{ (m}^2\text{)}}{\pi}} = 1,375 \text{ m.}$$

El parámetro  $St$  es el área de la sección transversal de la cisterna:

$$St = \pi * 0,795 \text{ (m)} * 0,595 \text{ (m)} = 1,486 \text{ m}^2.$$

Seguidamente se presenta la Tabla A.2 donde se reflejan las presiones a las que estará sometido el depósito.

**Tabla A.2 – Presiones.**

Nº	Presión	Símbolo	Unidad	Valor
1	Presión de vapor a la presión de diseño (presión manométrica)	$P_{vd}$	MPa	0,0013
2	Presión de apertura de válvula de venteo (presión manométrica)	$P_{ts}$	MPa	0,0382
3	Presión de descarga (presión manométrica)	$P_d$	MPa	0,0371
4	Presión de llenado (presión manométrica)	$P_r$	MPa	0,0357
5	Presión de servicio máxima	$P_{ms}$	MPa	0,0382
6	Presión estática (presión manométrica)	$P_{ta}$	MPa	0,0204
7	Presión dinámica	$P_{dyn}$	MPa	0,137325
8	Presión de prueba de la cisterna (presión manométrica)	$P_e$	MPa	0,4
9	Presión de ensayo en cada compartimento	$P_{ec}$	MPa	Monocuba
10	Presión de cálculo	$P_c$	MPa	0,3332

La presión de vapor a la presión de diseño del ácido sulfúrico ha sido obtenida de la base de datos de la empresa Befesa Desulfuración S.A.

La presión de servicio máxima es la mayor de las cuatro primeras presiones indicadas en la Tabla A.2.

La presión estática se calculará de la siguiente forma:

$$P_{ta} = \frac{g * d * h}{10^9} = \frac{9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right) * 1.840 \left(\frac{kg}{m^3}\right) * 1,1305 (m)}{10^9} = 0,0204 \text{ MPa}$$

La presión dinámica se calculará con la expresión:

$$P_{dyn} = \frac{M_p}{St} = \frac{204.064,95 (N)}{1,486 (m^2)} = 137.325 \text{ Pa} = 0,137325 \text{ MPa}$$

La presión de prueba será el valor obtenido de la columna 12 de la tabla A del ADR 2013 correspondiente al ácido sulfúrico:

$$P_{ec} = 0,4 \text{ MPa}$$

La presión de cálculo se calculará mediante la Tabla A.3 de la norma UNE-EN 13094 que se adjunta a continuación.

**Tabla A.3 – Presión de cálculo en las condiciones de servicio.**

Parámetros y presiones	Unidades	Pared del depósito	Fondos
Área transversal interna $St$	mm <sup>2</sup>	1.486.051	1.486.051
Diámetro equivalente $Deq$	mm	1.375,5	1.375,5
Peso máximo de la sustancia en el compartimento $Mc$	N	204.064,95	204.064,95
Densidad máxima $d$	kg/m <sup>3</sup>	1.840	1.840
Altura máxima $h$	mm	1.130,5	1.130,5
<b>1</b> $P_{ta1}$	MPa	0,0204	0,0204
<b>2</b> $2 * P_{ta1}$	MPa	0,0408	0,0408
<b>3</b> $2 * P_{ta}$ agua	MPa	0,0222	0,0222

<b>4</b>	$P_{ms}$	MPa	0,0382	0,0382
<b>5</b>	$P_{ms} + P_{ta1}$	MPa	0,0586	0,0586
<b>6</b>	$P_{ms} + 2 \cdot P_{ta1}$	MPa	0,079	0,079
<b>7</b>	$P_{ms} + P_{ta1} + 2 \cdot P_{dyn}$	MPa	0,3332	0,3332
<b>8</b>	$P_c$	MPa	0,3332	0,3332

La presión  $P_{ta}$  agua se calculará así:

$$P_{ta \text{ agua}} = \frac{g \cdot d \cdot h}{10^9} = \frac{9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right) \cdot 1.000 \left(\frac{kg}{m^3}\right) \cdot 1.130,5 \text{ (mm)}}{10^9} = 0,011 \text{ MPa}$$

Siguiendo lo establecido en el apartado 6.5 de la Norma UNE-EN 13094, la presión de cálculo en las condiciones de servicio será la mayor de las presiones calculadas de la número 1 a la 7 de la tabla anterior.

Por tanto, la presión de cálculo será  $P_c = 0.3332 \text{ MPa}$ .

El material seleccionado para la fabricación de la cisterna y sus accesorios es el acero inoxidable austenítico 316 L.

La Tabla A.5 recoge los valores de las propiedades de este acero utilizados para los cálculos.

**Tabla A.5 – Materiales.**

	Unidades	Pared del depósito, fondos y rompeolas
<b>Tipo de material</b>	-	Acero inoxidable austenítico
<b>Grado</b>	-	316 L
<b>Normas o especificaciones</b>	-	-
<b>R<sub>m</sub></b>	N/mm <sup>2</sup>	500
<b>R<sub>mt</sub> a la temperatura de diseño</b>	N/mm <sup>2</sup>	505
<b>Re</b>	N/mm <sup>2</sup>	220
<b>Ret a la temperatura de diseño</b>	N/mm <sup>2</sup>	225
<b>E</b>	N/mm <sup>2</sup>	210.000

El límite elástico a la temperatura de diseño es:  $R_{et} = 225 \text{ N/mm}^2$ .



La resistencia a la tracción a la temperatura de diseño es:  $R_{mt} = 460\text{-}860 \text{ N/mm}^2$ .

El módulo de Young a la temperatura de diseño es  $E = 190.000\text{-}210.000 \text{ N/mm}^2$ .

Los valores de la resistencia a la rotura por tracción y del límite elástico aparente seleccionados para los cálculos, deben cumplir las siguientes condiciones especificadas en el apartado 6.8.2.1.11 y 6.8.2.1.12 del ADR 2013:

- La relación  $R_e/R_m$  tiene que ser inferior a 0,85:

$$220/500 = 0,44 < 0,85 \quad \text{cumple la primera especificación;}$$

- El alargamiento a la rotura, en tanto por ciento, corresponderá como mínimo al 20% de la siguiente relación para aceros austeníticos:

$$10.000/R_m = 10.000/500 = 20\% \quad \text{cumple la segunda especificación.}$$

La Tabla A.6 recoge los valores seleccionados para el cálculo del espesor equivalente.

**Tabla A.6 – Valores seleccionados para el cálculo del espesor equivalente.**

	Unidades	Pared del depósito	Fondo delantero	Fondo trasero	Separaciones
<b>R<sub>m1</sub></b>	N/mm <sup>2</sup>	460	460	460	460
<b>A<sub>1</sub></b>	%	40	40	40	40
<b>R<sub>m</sub>*A</b>	-	20.000	20.000	20.000	20.000

El parámetro  $R_{m1}$  indica la resistencia a la tracción mínima del metal empleado en las unidades correspondientes.

El parámetro  $A_1$  indica el porcentaje mínimo de alargamiento tras la rotura del metal empleado.

Seguidamente se calcularán los esfuerzos máximos admisibles por el material seleccionado, acero inoxidable 316 L. Los datos se recogen en la Tabla A.7.

$$0,5 \cdot R_m = 0,5 \cdot 500 = 250 \text{ N/mm}^2;$$

$$0,75 \cdot R_e = 0,75 \cdot 220 = 165 \text{ N/mm}^2;$$

$$0,5 \cdot R_{mt} = 0,5 \cdot 505 = 252,5 \text{ N/mm}^2;$$

$$0,75 \cdot R_{et} = 0,75 \cdot 225 = 168,75 \text{ N/mm}^2;$$

$$R_e/1,5 = 220/1,5 = 146,66 \text{ N/mm}^2;$$

$$R_{et}/1,5 = 225/1,5 = 150 \text{ N/mm}^2.$$

**Tabla A.7 – Esfuerzos máximos.**

	Unidades	Pared depósito	Fondo del.	Fondo tras.	Separaciones
<b>0,5·R<sub>m</sub></b>	N/mm <sup>2</sup>	250	250	250	250
<b>0,75·R<sub>e</sub></b>	N/mm <sup>2</sup>	165	165	165	165
<b>0,5·R<sub>mt</sub></b>	N/mm <sup>2</sup>	252,5	252,5	252,5	252,5
<b>0,75·R<sub>et</sub></b>	N/mm <sup>2</sup>	168,75	168,75	168,75	168,75
<b>R<sub>e</sub>/1,5</b>	N/mm <sup>2</sup>	146,66	146,66	146,66	146,66
<b>R<sub>et</sub>/1,5</b>	N/mm <sup>2</sup>	150	150	150	150
<b>Valor seleccionado σ en las condiciones de ensayo</b>	N/mm <sup>2</sup>	165	165	165	165
<b>Valor seleccionado σ en las condiciones de servicio</b>	N/mm <sup>2</sup>	165	165	165	165
<b>Valor seleccionado σ en condiciones de servicio para los contenedores cisterna</b>	N/mm <sup>2</sup>	146,66	146,66	146,66	146,66
<b>E a temperatura ambiente</b>	N/mm <sup>2</sup>	210.000	210.000	210.000	210.000

El valor seleccionado ‘σ’ en las condiciones de ensayo es el menor de los dos primeros valores calculados.

El valor seleccionado ‘σ’ en las condiciones de servicio es el menos de los cuatro primeros valores calculados.

El valor seleccionado ‘ $\sigma$ ’ en las condiciones de servicio para los contenedores cisterna es el menor de los seis primeros valores calculados.

Una vez obtenidos los esfuerzos máximos admisibles por el acero inoxidable 316 L se procederá al cálculo de los espesores mínimos adoptados. Los valores se recogen en la Tabla A.8.

El cálculo del espesor mínimo equivalente se realizará aplicando la ecuación 3 del apartado 6.9.1 de la Norma UNE-EN 13094 debido a que el material empleado es el acero inoxidable 316 L. Además, se tendrá en cuenta lo especificado en la Tabla 1 del apartado 6.9.2.1 de la Norma, en donde se indica que para depósitos con un diámetro inferior a 1,8 m fabricados en acero austenítico, como es el caso del proyecto presente, el espesor mínimo tiene que ser de 2,5 mm.

Tomaremos los valores de  $e_0 = 5 \text{ mm}$  y  $R_{m1} \cdot A_1 = 22.000$ , despejando:

$$e = \frac{464 \cdot e_0}{\sqrt[3]{(R_{m1} \cdot A_1)^2}} = \frac{464 \cdot 5 \text{ (mm)}}{\sqrt[3]{(20.000)^2}} = 3,15 \text{ mm}$$

Para los siguientes cálculos se tomará como valor del espesor mínimo equivalente:

$$e = 3,5 \text{ mm}$$

**Tabla A.8 – Espesores mínimos.**

Designación	Símbolo	Unidades	Valor
<b>Pared del depósito</b>	ev	mm	3,5
<b>Fondo delantero</b>	efav	mm	3,5
<b>Fondo trasero</b>	efar	mm	3,5
<b>Rompeolas</b>	ef	mm	3,5

Seguidamente, se procederá al cálculo de los espesores obligatorios. El valor mínimo del espesor calculado obligatorio será mayor al calculado con las siguientes ecuaciones:

$$e = \frac{P_c * D}{(2 * \sigma)} \text{ ó } \frac{P_e * D}{2 * \sigma * \lambda}$$

$$e = \frac{0,3332 \text{ (MPa)} * 1.375,5 \text{ (mm)}}{2 * 165 \text{ (MPa)}} = 1,38 \text{ mm}$$

$$e = \frac{0,4 \text{ (MPa)} * 1.375,5 \text{ (mm)}}{2 * 165 \text{ (MPa)} * 1} = 1,67 \text{ mm}$$

Siendo ‘ $\sigma$ ’ el valor de la tensión admisible en la condición de ensayo (Tabla A.7) y ‘ $\lambda$ ’ el coeficiente de soldadura, al cual se le ha atribuido un valor de 1, debido a que todos los cordones de soldadura se someterán a ensayos no destructivos y se verificarán, en la medida que sea posible, de modo visual por ambas caras tal y como indica en apartado 6.8.2.1.23 del ADR 2013.

Se puede comprobar que el valor mínimo del espesor calculado obligatorio tiene que ser superior a 1,67 mm, pero como el valor del espesor mínimo equivalente es mayor, (3,5 mm), tomaremos este último valor para continuar con los cálculos.

La Tabla A.9 recoge los valores de los espesores mínimos obligatorios calculados anteriormente.

**Tabla A.9 – Espesores calculados.**

	D Mm	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	$\lambda$	P <sub>c</sub> MPa	P <sub>e</sub> MPa	e mm
<b>Pared del depósito</b>	1.375,5	165	1	0,3332	0,4	1,67
<b>Fondo delantero</b>	1.375,5	165	1	0,3332	0,4	1,67
<b>Fondo trasero</b>	1.375,5	165	1	0,3332	0,4	1,67

El siguiente paso en el proceso de cálculo será la obtención del esfuerzo al que estará sometida la pared del depósito a la presión de ensayo.

Para ello se aplicará la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{P_e * D}{2e_v * \lambda} = \frac{0,4 \text{ (MPa)} * 1375,5 \text{ (mm)}}{2 * 3,5 \text{ (mm)} * 1} = 78,6 \text{ MPa} = 78,6 \text{ N/mm}^2$$

Se cumple que el esfuerzo calculado es menor que el esfuerzo máximo permitido a la presión de ensayo.

$$\sigma \leq \sigma_{\text{máx}}$$

$$78,6 \text{ N/mm}^2 \leq 165 \text{ N/mm}^2$$

La tabla A.11 recoge el esfuerzo calculado anteriormente.

**Tabla A.11 – Esfuerzo a la presión de ensayo.**

Designación	$\sigma$ calculado N/mm <sup>2</sup>	$\sigma$ máx. permitido en las condiciones de ensayo N/mm <sup>2</sup>
<b>Pared del depósito</b>	78,6	165

Ahora se calculará el esfuerzo a la presión de ensayo al que estarán sometidos los fondos abombados. En primer lugar se realizarán los cálculos sobre su cara cóncava.

La tabla A.13 recoge los datos que se emplearán para realizar el cálculo mencionado anteriormente.

**Tabla A.13 – Datos a utilizar para los cálculos.**

	Unidades	Fondo del.	Fondo tras.
<b>P<sub>e</sub></b>	MPa	0,4	0,4
<b>R<sub>1</sub></b>	mm	1.850	1.850
<b>r</b>	mm	200	200
$C = \left(\frac{1}{4}\right) * \left[3 + \sqrt{\frac{R_1}{r}}\right]$	-	1,51	1,51
<b><math>\lambda</math></b>	-	1	1
<b>e<sub>fa</sub></b>	mm	3,5	3,5

El valor de 'Pe' es el valor de la presión de ensayo obtenido de la Tabla A.2, 'R1' es el valor del radio de curvatura mayor obtenido de la Tabla A.1, 'r' es el valor del radio de reborde obtenido de la Tabla A.1, 'λ' es el coeficiente de soldeo obtenido de la Tabla A.9 y 'efa' es el valor del espesor adoptado para los fondos.

El valor de 'C' se calculará con la siguiente expresión:

$$C = \left(\frac{1}{4}\right) * \left[3 + \sqrt{\frac{R1}{r}}\right] = \left(\frac{1}{4}\right) * \left[3 + \sqrt{\frac{1.850}{200}}\right] = 1,51$$

El esfuerzo en la cara cóncava se calculará con la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{Pe * R1 * C}{2 * \lambda * efa} = \frac{0,4 \text{ (MPa)} * 1.850 \text{ (mm)} * 1,51}{2 * 1 * 3,5 \text{ (mm)}} = 159,6 \text{ N/mm}^2$$

Se cumple que el esfuerzo calculado es menor que el esfuerzo máximo permitido a la presión de ensayo.

$$\sigma \leq \sigma_{\text{máx}}$$

$$159,6 \text{ N/mm}^2 \leq 165 \text{ N/mm}^2$$

La Tabla A.14 recoge el esfuerzo calculado anteriormente.

**Tabla A.14 – Esfuerzo a la presión de ensayo.**

	σ calculado N/mm <sup>2</sup>	σ máx. permitido en las condiciones de ensayo N/mm <sup>2</sup>
<b>Fondo delantero</b>	159,6	165
<b>Fondo trasero</b>	159,6	165

Ahora se calculará el esfuerzo sobre la cara convexa de los fondos.

La Tabla A.15 recoge los datos que se van a utilizar para el cálculo del esfuerzo sobre la cara convexa de los fondos.

**Tabla A.15 – Datos a utilizar para los cálculos.**

	Unidades	Fondo delantero (ef av)	Fondo trasero (ef ar)
<b>Pe (ver Tabla A.2)</b>	MPa	0,4	0,4
<b>R1 (ver Tabla A.1)</b>	mm	1.850	1.850
<b>ef a (ver Tabla A.8)</b>	mm	3,5	3,5

Se calculará a continuación el módulo de elasticidad en las condiciones de ensayo para verificar que los fondos soportan el esfuerzo al que son sometidos en su cara convexa. Para ello se utilizará la expresión siguiente:

$$E_c = \frac{100 * (R1)^2 * 2,2 * Pe}{36,6 * (ef)^2} = \frac{100 * (1.850)^2 * 2,2 * 0,4}{36,6 * (3,5)^2} = 671.752 \text{ N/mm}^2$$

Se observa que el valor de ‘E’ calculado supera el valor de ‘E’ a temperatura ambiente:

$$671.752 \text{ N/mm}^2 > 210.000 \text{ N/mm}^2.$$

Por tanto, no cumple la especificación de la Norma UNE-EN 13094. Para solucionar el problema se aumentará el espesor adoptado para los fondos.

El cálculo se efectuará de la siguiente manera:

$$210.000 = \frac{100 * (1.850)^2 * 2,2 * 0,4}{36,6 * (ef)^2} \rightarrow ef = 6,26 \text{ mm}$$

El espesor adoptado para los fondos será superior a 6,26 mm. Se escogerá el valor de  $e_f = 6,5 \text{ mm}$ .

Utilizando el nuevo valor de 'ef' se calculará de nuevo el módulo de elasticidad en las condiciones de ensayo.

$$E_c = \frac{100 * (1.850)^2 * 2,2 * 0,4}{36,6 * (6,5)^2} = 194.768 \text{ N/mm}^2$$

Ahora se comprueba que sí cumple con lo especificado en la Norma UNE-EN 13094:

$$E \text{ calculado} \leq E \text{ máximo}$$

$$194.768 \text{ N/mm}^2 \leq 210.000 \text{ N/mm}^2.$$

Este aumento en el valor del espesor adoptado para los fondos, no influye negativamente en los cálculos anteriormente efectuados en los que interviene el espesor adoptado antiguo ' $e_f = 3,5 \text{ mm}$ ', debido a que al aumentar dicho valor, se reducen los esfuerzos a los que estarán sometidos. Por tanto, como con el antiguo valor del espesor adoptado para los fondos se cumplía con las especificaciones de la Norma aplicada en materia de esfuerzos a los que son sometidos, con el nuevo valor ese cumplimiento se efectuará con un mayor margen de seguridad.

La Tabla A.16 – recoge el valor del módulo de elasticidad calculado en las condiciones de ensayo.

**Tabla A.16 – Módulo de elasticidad en las condiciones de ensayo.**

	E calculado ( $E_c$ ) ( $\text{N/mm}^2$ )	E máx. a temperatura ambiente ( $\text{N/mm}^2$ )
<b>Fondo delantero</b>	194.768	210.000
<b>Fondo trasero</b>	194.768	210.000



Una vez calculados los esfuerzos a los que son sometidos la pared del depósito y los fondos en las condiciones de ensayo, se procederá a calcular dichos esfuerzos en las condiciones de servicio.

El esfuerzo sobre la pared del depósito viene determinado por la ecuación:

$$\sigma = \frac{P_c * D}{2 * e_v * \lambda} = \frac{0,3332 * 1.375,5}{2 * 3,5 * 1} = 65,47 \text{ N/mm}^2$$

La Tabla A.17 recoge el valor del esfuerzo al que estará sometida la pared del depósito en las condiciones de servicio.

**Tabla A.17 – Esfuerzo en las condiciones de servicio.**

	$\sigma$ calculado N/mm <sup>2</sup>	$\sigma$ máx. permitido en las condiciones de servicio N/mm <sup>2</sup>
<b>Pared del depósito</b>	65,47	165

Se cumple que el esfuerzo calculado es menor que el esfuerzo máximo permitido:

$$\sigma \leq \sigma_{\text{máx}}$$

$$65,47 \text{ N/mm}^2 \leq 165 \text{ N/mm}^2.$$

A continuación se calcularán los esfuerzos dinámicos en las condiciones normales de transporte.

En primer lugar se calcularán los esfuerzos debidos a la flexión.

a) Posición en el momento de flexión máximo (ver Tabla A.1):

$$X = \frac{Fr^2 * Lt}{M} = \frac{156.469,5 \text{ (N)} * 7.800 \text{ (mm)}}{392.400 \text{ (N)}} = 3.110,25 \text{ mm}$$

b) Valor del momento de flexión máximo ( $B_m$ ) (ver Tabla A.1) :

$$\begin{aligned} B_m \text{ máx} &= Fr^2 * (X - L_b) - \frac{M * X^2}{2 * L_t} \\ &= 156.469,5 \text{ (N)} * (3.110,25 \text{ (mm)} - 2.000 \text{ (mm)}) \\ &\quad - \frac{392.400 \text{ (N)} * 3.110,25^2 \text{ (mm)}}{2 * 7.800 \text{ (mm)}} = 69.609.369 \text{ N} * \text{mm} \end{aligned}$$

c) Área transversal interna de la pared del depósito en el punto en el que se produce el momento de flexión máximo (ver Tabla A.3):

$$St = \pi * 795 \text{ (mm)} * 0,595 \text{ (mm)} = 1.486.051 \text{ mm}^2$$

d) Espesor de la pared del depósito (ver Tabla A.8):

$$ev = 3,5 \text{ mm}$$

e) Módulo de sección mínimo de la sección transversal de la pared del depósito sobre el eje neutro horizontal en el que se produce el momento de flexión máximo:

$$Z_t = \frac{\pi * (D_{ext}^4 - D_{int}^4)}{32 * D_{ext}} = \frac{\pi * (1.385,5^4 - 1.375,5^4)}{32 * 1.385,5} = 7.457.071 \text{ mm}^3$$

f) Esfuerzo de flexión:

$$\sigma_x = \frac{B_m \text{ máx}}{Z_t} = \frac{69.609.369 \text{ (N} * \text{mm)}}{7.457.071 \text{ (mm}^3\text{)}} = 9,33 \text{ N/mm}^2$$

En segundo lugar se calculará la resistencia a la tracción debida a la presión durante el transporte.

a) Fuerza (ver Tablas A.2 y A.3):

$$T1 = Pms * St = 0,0382 \left( \frac{N}{mm^2} \right) * 1.486.051 (mm^2) = 56.767,15 N$$

b) Longitud del perímetro de la pared de la envolvente en la sección transversal correspondiente al punto en el que se produce el momento de flexión máximo:

$$l = \pi * Dint = \pi * 1.375,5 (mm) = 4.321,26 mm$$

c) Esfuerzo bajo esta fuerza:

$$\sigma_{tr} = \frac{T1}{l * ev} = \frac{56.767,15 (N)}{4.321,26 (mm) * 3,5 (mm)} = 3,75 N/mm^2$$

En tercer lugar se calculará la resistencia a la tracción debida a la presión estática.

a) Fuerza (ver Tabla A.3):

$$T2 = Pta1 * St = 0,0204 \left( \frac{N}{mm^2} \right) * 1.486.051 (mm^2) = 30.315,44 N$$

b) Esfuerzo bajo esta fuerza:

$$\sigma_{ta} = \frac{T_2}{l * e_v} = \frac{30.315,44 \text{ (N)}}{4.321,26 \text{ (mm)} * 3,5 \text{ (mm)}} = 2 \text{ N/mm}^2$$

En cuarto lugar se calculará el esfuerzo combinado en las condiciones normales de transporte:

a) Esfuerzo combinado:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_{tr} + \sigma_{ta}}{\lambda} = \frac{9,33 + 3,75 + 2}{1} = 15,08 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba que el esfuerzo combinado ' $\sigma_1$ ' es menor que el esfuerzo máximo en las condiciones de servicio ' $\sigma_{m\acute{a}x}$ ' (ver Tabla A.7):

$$\sigma_1 \leq \sigma_{m\acute{a}x}$$

$$15,08 \text{ N/mm}^2 \leq 165 \text{ N/mm}^2$$

En quinto lugar se calcularán los esfuerzos en las condiciones dinámicas de transporte:

a) Esfuerzo combinado en condiciones de presión durante el transporte con presión estática y 2g vertical:

$$\sigma_2 = \frac{(2 * \sigma_x + \sigma_{tr} + \sigma_{ta})}{\lambda} = \frac{2 * 9,33 + 3,75 + 2}{1} = 24,41 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba que el esfuerzo combinado ' $\sigma_2$ ' es menor que el esfuerzo máximo en las condiciones de servicio ' $\sigma_{m\acute{a}x}$ ' (ver Tabla A.7):

$$\sigma_2 \leq \sigma_{m\acute{a}x}$$

$$24,41 \text{ N/mm}^2 \leq 165 \text{ N/mm}^2$$

- b) Resistencia a la tracción debida a la fuerza longitudinal del producto en la cisterna con 2g (ver Tablas A.1 y A.7):

$$\sigma_t = \frac{2 * Q}{l * e_v} = \frac{2 * 258.984 \text{ (N)}}{4.321,26 \text{ (mm)} * 3,5 \text{ (mm)}} = 34,25 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba que la resistencia a la tracción ' $\sigma_t$ ' es menor que el esfuerzo máximo en las condiciones de servicio ' $\sigma_{\text{máx}}$ ' (ver Tabla A.7):

$$\sigma_t \leq \sigma_{\text{máx}}$$

$$34,25 \text{ N/mm}^2 \leq 165 \text{ N/mm}^2$$

- c) Esfuerzo combinado en condiciones de presión durante el transporte con 1g vertical y 2g longitudinal (ver Tabla A.7):

$$\sigma_3 = \frac{2 * \sigma_{tr} + \sigma_x + \sigma_t}{\lambda} = \frac{2 * 3,75 + 9,33 + 34,25}{1} = 51,08 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba que el esfuerzo combinado ' $\sigma_3$ ' es menor que el esfuerzo máximo en las condiciones de servicio ' $\sigma_{\text{máx}}$ ' (ver Tabla A.7):

$$\sigma_3 \leq \sigma_{\text{máx}}$$

$$51,08 \text{ N/mm}^2 \leq 165 \text{ N/mm}^2$$

Ahora se calculará el esfuerzo al que estarán sometidos los fondos abombados en las condiciones de servicio. En primer lugar se realizarán los cálculos sobre su cara cóncava.

La tabla A.19 recoge los datos que se emplearán para realizar el cálculo mencionado anteriormente.

**Tabla A.19 – Datos a utilizar en el cálculo.**

	Unidades	Fondo delantero	Fondo trasero
<b>Pc (ver Tabla A.3)</b>	MPa	0,3332	0,3332
<b>R1</b>	mm	1.850	1.850
<b>r</b>	mm	200	200
<b>C</b>	-	1,51	1,51
$= \left(\frac{1}{4}\right) * \left[ 3 + \sqrt{\frac{R1}{r}} \right]$			
<b>λ</b>	-	1	1
<b>ef a</b>	mm	3,5	3,5

El esfuerzo sobre la cara cóncava de los fondos se calcula con la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{Pc * R1 * C}{2 * ef * \lambda} = \frac{0,3332 * 1.850 * 1,51}{2 * 3,5 * 1} = 132,97 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba que el esfuerzo calculado es menor que el esfuerzo máximo permitido:

$$\sigma \leq \sigma_{\text{máx}}$$

$$132,97 \text{ N/mm}^2 \leq 165 \text{ N/mm}^2.$$

La Tabla A.20 recoge el valor del esfuerzo sobre los fondos en las condiciones de servicio.

**Tabla A.20 – Esfuerzo en las condiciones de servicio.**

	σ calculado (N/mm <sup>2</sup> )	σ máx. en las condiciones de servicio (N/mm <sup>2</sup> )
<b>Fondo delantero</b>	132,97	165
<b>Fondo trasero</b>	132,97	165

Ahora se calculará el esfuerzo sobre la cara convexa de los fondos.

La Tabla A.21 recoge los datos que se van a utilizar para el cálculo del esfuerzo sobre la cara convexa de los fondos.

**Tabla A.21 – Datos a utilizar en el cálculo.**

	Unidades	Fondo delantero (ef av)	Fondo trasero (ef ar)
<b>Pc</b>	MPa	0,3332	0,3332
<b>R1</b>	mm	1.850	1.850
<b>ef a</b>	mm	6,5	6,5

Para realizar este cálculo se ha elegido el nuevo valor de ‘ef a’ obtenido anteriormente: ef a = 6,5 mm.

Se calculará a continuación el módulo de elasticidad en las condiciones de servicio para verificar que los fondos soportan el esfuerzo al que son sometidos en su cara convexa. Para ello se utilizará la expresión siguiente:

$$E_c = \frac{(100 * (R1)^2 * 2,2 * Pc)}{36,6 * (ef)^2} = \frac{100 * (1.850)^2 * 2,2 * 0,3332}{36,6 * (6,5)^2} = 162.242 \text{ N/mm}^2$$

Se comprueba que el módulo de elasticidad calculado es menor que el módulo de elasticidad en las condiciones de servicio:

$$E_c \leq E_{m\acute{a}x}$$

$$162.242 \text{ N/mm}^2 \leq 210.000 \text{ N/mm}^2$$

La Tabla A.22 recoge el valor del módulo de elasticidad calculado en las condiciones de servicio.

**Tabla A.22 – Comparación de ‘Ec’ en las condiciones de servicio.**

	E calculado ‘Ec’ (N/mm <sup>2</sup> )	E (Tabla A.7) (N/mm <sup>2</sup> )
<b>Fondo delantero</b>	162.242	210.000
<b>Fondo trasero</b>	162.242	210.000

Una vez calculados los esfuerzos a los que se verán sometidos los fondos y las paredes del depósito y sus espesores, se procederá al cálculo de los espesores de los collarines, bridas y cierres.

Estos cálculos se realizarán siguiendo el Anexo C de la Norma UNE-EN 13094.

El cálculo de ‘ec’ (espesor de un cierre plano) se realizará aplicando la expresión siguiente:

$$e_c = \left( \frac{0,03 * B^2 * P_x}{\sigma_c} \right)^{1/2} = \left( \frac{0,03 * 150^2 * 0,4}{165} \right)^{1/2} = 1,28 \text{ mm}$$

Dónde:

B = 150 mm es el diámetro circular de paso;

P<sub>x</sub> = 0,4 N/mm<sup>2</sup> es la presión de ensayo;

σ<sub>c</sub> = 165 N/mm<sup>2</sup> es el esfuerzo en las condiciones de ensayo.

El cálculo de ‘ed’ (espesor de un cierre abombado) se realizará aplicando la siguiente expresión:

$$e_d = \frac{P_x * R}{20 * \sigma_c} = \frac{0,4 * 4.000}{20 * 165} = 0,48 \text{ mm}$$

Dónde:

P<sub>x</sub> = 0,4 N/mm<sup>2</sup> es la presión de ensayo;



$R = 4.000 \text{ mm}$  es el radio de curvatura del cierre abombado;

$\sigma_c = 165 \text{ N/mm}^2$  es el esfuerzo en las condiciones de ensayo.

El cálculo de 'er' (espesor de una brida) se realizará aplicando la siguiente expresión:

$$er = \left( \frac{0,0445 * B^2 * P_x}{\sigma_c} \right)^{1/2} = \left( \frac{0,0445 * 150^2 * 0,4}{165} \right)^{1/2} = 1,56 \text{ mm}$$

Dónde:

$B = 150 \text{ mm}$  es el diámetro circular de paso;

$P_x = 0,4 \text{ N/mm}^2$  es la presión de ensayo;

$\sigma_c = 165 \text{ N/mm}^2$  es el esfuerzo en las condiciones de ensayo.

El cálculo de 'erd' (espesor de una brida de cierre abombada) se realizará aplicando la siguiente expresión:

$$erd = \frac{0,083 * P_x * R}{\sigma_c} = \frac{0,083 * 0,4 * 4.000}{165} = 0,80 \text{ mm}$$

Dónde:

$P_x = 0,4 \text{ N/mm}^2$  es la presión de ensayo;

$R = 4.000 \text{ mm}$  es el radio de curvatura del cierre abombado;

$\sigma_c = 165 \text{ N/mm}^2$  es el esfuerzo en las condiciones de ensayo.

El cálculo de 'SB' (área total de tracción de todos los pernos del diámetro circular de paso) se realizará aplicando la siguiente expresión:

$$SB = N * B^2 * P_x * 10^{-4} = 8 * 150^2 * 0,4 * 10^{-4} = 7,2 \text{ mm}^2$$

Dónde:

$N=8$  es el número de pernos;

$B = 150 \text{ mm}$  es el diámetro circular de paso;

$P_x = 0,4 \text{ N/mm}^2$  es la presión de ensayo.

La Tabla C.1 recoge los valores mínimos que tienen que tener los espesores de las bridas y de los cierres.

**Tabla C.1 – Requisitos de los collarines, bridas y cierres.**

Parámetros	Requisitos	Valor mayor
<b>ec</b>	El espesor de un cierre plano, <b>ec</b> , en mm, no debe ser inferior a $(0,03 \cdot B^2 \cdot P_x / \sigma_c)^{1/2}$ ó <b>ev mín</b> , cualquiera que sea el mayor.	1,28 ó <b>3,5</b> (mm)
<b>ed</b>	El espesor de un cierre abombado, <b>ed</b> , en mm, no debe ser inferior a $((P_x \cdot R) / (20 \cdot \sigma_c))$ ó <b>ev mín</b> , cualquiera que sea el mayor.	0,48 ó <b>3,5</b> (mm)
<b>er</b>	El espesor de una brida, <b>er</b> , en mm, no debe ser inferior a $(0,0445 \cdot B^2 \cdot P_x / \sigma_c)^{1/2}$ ó <b>ev mín</b> , cualquiera que sea el mayor.	1,56 ó <b>3,5</b> (mm)
<b>erd</b>	El espesor de una brida de cierre abombado, <b>erd</b> , en mm, no debe ser inferior a $(0,083 \cdot P_x \cdot R / \sigma_c)$ ó el valor de <b>ec calculado</b> , cualquiera que sea el mayor.	0,80 ó <b>3,5</b> (mm)
<b>SB</b>	El área total de tracción, <b>SB</b> , en $\text{mm}^2$ , de todos los pernos del diámetro circular de paso B no debe ser inferior a $(N \cdot B^2 \cdot P_x \cdot 10^{-4})$ donde $N=8$ .	<b>7,2</b> ( $\text{mm}^2$ )

Se comprueba en la Tabla C.1 que el espesor que tendrán las bridas y los cierres del depósito será de 3,5 mm.

Se han obtenido los espesores de los diferentes componentes que compondrán el depósito del proyecto. Los valores obtenidos han sido:

- Espesor de la pared del depósito, rompeolas, bridas y cierres: 3,5 mm;
- Espesor del fondo delantero y fondo trasero: 6,5 mm.

Para dotar al diseño de un mayor margen de seguridad, se aumentarán los valores de los espesores obtenidos, de esta forma los esfuerzos a los que estarán sometidas las diferentes partes que constituyen el depósito y sus aberturas, calculados anteriormente, se reducirán.

Por tanto, se considerará un margen de seguridad de 1,5 mm, quedando los espesores finales del diseño con los siguientes valores:

- Espesor de diseño de la pared del depósito, rompeolas, bridas y cierres: **5 mm**;
- Espesor de diseño de los fondos del depósito: **8 mm**.

## 2.2.-Determinación del esfuerzo en los accesorios de la cisterna.

### 2.2.1.-Cálculo de durmientes.

La determinación del número de durmientes sobre los que descansará el depósito se calculará de la siguiente manera.

En primer lugar se calcularán las reacciones a las que se verán sometidos los apoyos de la cisterna. Para ello, se presenta a continuación el diagrama de cuerpo libre de la cisterna:

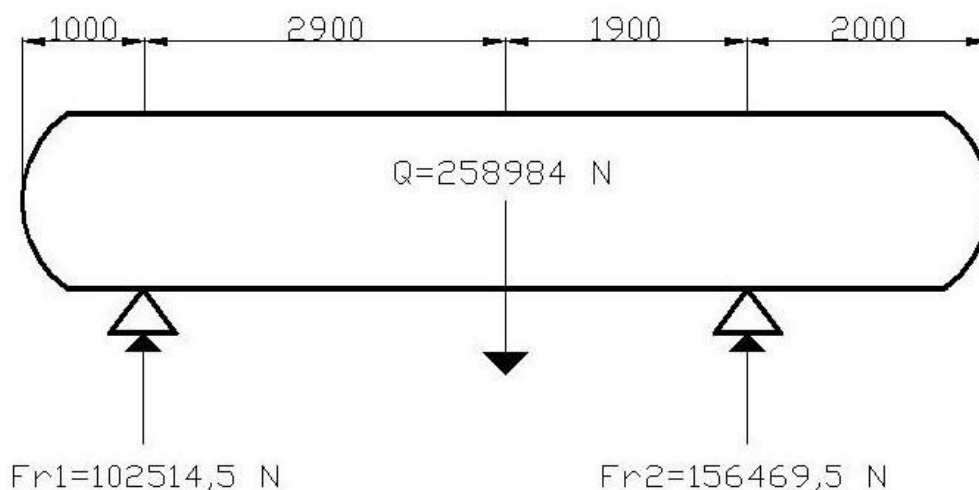


IMAGEN 1: Diagrama de cuerpo libre.

Las reacciones en los apoyos se calcularán aplicando equilibrio de momentos:

$$\sum M_{Fr1} \Rightarrow -Q * 2.900 + Fr2 * 4.800 = 0$$

$$-258.984 \text{ (N)} * 2.900 \text{ (mm)} + Fr2 * 4.800 \text{ (mm)} = 0$$

$$Fr2 = \frac{258.984 \text{ (N)} * 2.900 \text{ (mm)}}{4.800 \text{ (mm)}} = 156.469,5 \text{ N}$$

$$Fr1 = Q - Fr2 = 258.984 \text{ (N)} - 156.469,5 \text{ (N)} = 102.514,5 \text{ (N)}$$

La carga que soportará la cisterna se repartirá de la siguiente manera:

- Carga sobre el soporte delantero (quinta rueda):  $Fr1 = \mathbf{102.514,5 \text{ N}}$ ;
- Carga sobre el soporte trasero (semirremolque):  $Fr2 = \mathbf{156.469,5 \text{ N}}$ .

La carga sobre la quinta rueda es de 102.514,5 N, o sea, 10.450 kg, lo cual cumple con la especificación de la ficha técnica del vehículo tractor seleccionado para el diseño del proyecto, Mercedes-Benz modelo Axor 2035S 36, la cual indica que la carga útil máxima sobre la quinta rueda no sobrepasará en ningún caso los 12.717 kg.

La carga sobre el semirremolque es de 156.469,5 N, es decir, 15.950 kg.

Para distribuir este peso de una manera más uniforme sobre el semirremolque el diseño constará de tres soportes o cunas soldadas bajo el depósito sobre las que éste descansará.

La primera cuna irá soldada a una distancia de 510 mm del extremo trasero del depósito y las siguientes irán a continuación a una distancia de 750 mm la una de la otra.

Finalmente, se calculará el momento de flexión máximo y el punto en el que se encuentra.

$$X = \frac{(Fr2 * Lt)}{M} = \frac{156.469,5 \text{ (N)} * 7.800 \text{ (mm)}}{392.400 \text{ (N)}} = 3.110,25 \text{ mm}$$

$$Bm \text{ máx} = Fr2 * (X - Lb) - \frac{M * X^2}{(2 * Lt)}$$

$$Bm \text{ máx} = 156.469,5 * (3110,25 - 2.000) - \frac{392.400 * 3.110,25^2}{2 * 7.800}$$

$$Bm \text{ máx} = 69,61 * 10^6 \text{ N} * \text{mm}$$

La cisterna será desmontable, es decir, los soportes de la misma irán unidos al chasis del semirremolque por medio de tornillos.

El proceso de montaje y desmontaje de la misma sobre el semirremolque se realizará por medio de unas correas que la abrazarán por debajo permitiendo así su elevación o descenso.

### 2.3.-Estabilidad de la cisterna.

La estabilidad de la cisterna se estudiará tanto lateral como longitudinalmente.

En ambos casos se calculará el ángulo máximo que el vehículo cisterna podrá inclinarse sin peligro de vuelco.

Para el cálculo de la estabilidad lateral de la cisterna se procederá de la siguiente manera:

- En primer lugar se adjuntará un esquema en el que se representarán todas las fuerzas que intervienen;

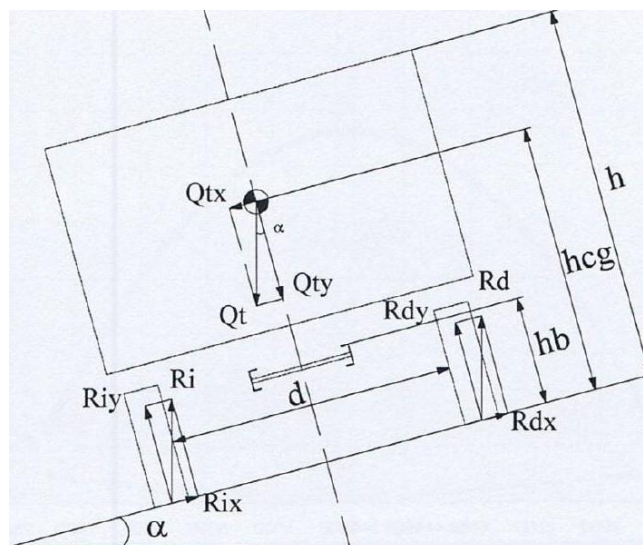


IMAGEN 2: Representación de fuerzas.

• A continuación, se adjuntarán los datos que conocemos y que intervendrán en los cálculos:

- 'd' es el ancho de vías menor en mm;
- 'h' es la altura de la cisterna al suelo en mm;
- 'hcg' es la altura del centro de gravedad en mm;
- 'hb' es la altura desde el suelo plano hasta el bastidor en mm;
- 'Qútil' es el valor de la carga útil en las mismas unidades en que se pongan la Tara y MMA (kg);
- 'hcu' es la altura del centro de gravedad de la carga útil en mm.

Sus valores son:

- d = 1.600 mm;
- h = 2.270 mm;
- hb = 1.000 mm;
- Tara = 3.560 kg;
- Qútil = 26.400 kg;
- MMA = 29.960 kg.

• Ahora se calculará la altura del centro de gravedad de la carga útil 'hcu'. Para ello se aplicará la siguiente ecuación:

$$hcu = hb + \frac{h - hb}{2} = 1.000 + \frac{2.270 - 1.000}{2} = 1.635 \text{ mm}$$

• Seguidamente se calculará la altura del centro de gravedad 'hcg'. Para ello se aplicará la siguiente expresión:

$$hcg = \frac{hb * Tara + hcu * Qútil}{MMA} = \frac{1.000 * 3.560 + 1.635 * 26.400}{29.960}$$

$$hcg = 1.560 \text{ mm}$$

• Finalmente se calculará el ángulo máximo que podrá inclinarse lateralmente el vehículo cisterna sin volcar. Para ello se aplicará la siguiente ecuación:

$$\alpha = \arctang\left(\frac{d}{2 * hcg}\right) = \arctang\left(\frac{1.600}{2 * 1.560}\right) = 27^\circ$$

La inclinación máxima lateral, para cualquiera de los dos lados, que podrá experimentar el vehículo cisterna sin que vuelque será de  $27^\circ$ .

Para el cálculo de la estabilidad longitudinal del vehículo cisterna se procederá de la siguiente forma:

- En primer lugar se adjuntará un esquema en el que se representarán todas las fuerzas que intervienen:

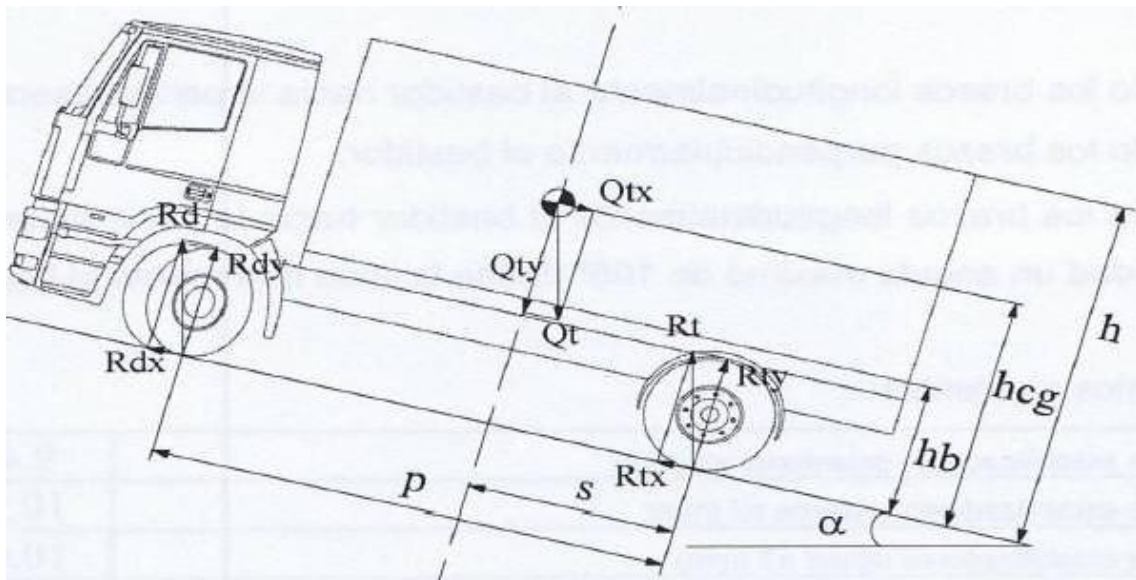


IMAGEN 3: Representación de fuerzas.

- A continuación se calculará el parámetro ‘s’ que es la distancia desde el centro de gravedad hasta el eje trasero. Para ello se realizará el siguiente equilibrio de fuerzas utilizando la nomenclatura de la imagen de arriba:

$$\sum M_{Fr1} \Rightarrow Q_t * s - R_d * p = 0$$

Dónde:

- $Q_t = MMA = 29.960 \text{ kg}$ ;
- $p = \text{distancia entre ejes} = 4.800 \text{ mm}$ ;
- $R_d = Fr1 = 10.450 \text{ kg}$ .

Despejando 's':

$$s = \frac{Rd * p}{Qt} = \frac{10.450 * 4.800}{29.960} = 1.674,23 \text{ mm}$$

• Finalmente se calculará el ángulo máximo que podrá inclinarse longitudinalmente el vehículo cisterna sin volcar. Para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$\alpha = \arctang\left(\frac{s}{hcg}\right) = \arctang\left(\frac{1.674,23}{1.560}\right) = 47^\circ$$

La inclinación máxima longitudinal que podrá experimentar el vehículo cisterna sin que vuelque será de 47°.

## 2.4.-Velocidad límite de vuelco.

El cálculo de la velocidad límite de vuelco se calculará aplicando las siguientes ecuaciones:

- Carretera con peralte:

$$V_v = \sqrt{g * R * \frac{\frac{A_v}{(2 * h)} + \operatorname{tg}\alpha}{1 - \left(\frac{A_v}{(2 * h)} * \operatorname{tg}\alpha\right)}}$$

- Carretera sin peralte:

$$V_v = \sqrt{g * R * \left(\frac{A_v}{2 * h}\right)}$$



Dónde:

- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ;
- $R = \text{radio de la curva (m)}$ ;
- $Av = \text{ancho de vías} = 1,8 \text{ m}$ ;
- $h = \text{altura del centro de gravedad del conjunto vehículo cisterna}$ ;
- $\alpha = \text{ángulo de peralte}$ ;

• **Carretera con peralte.**

Primero se calculará el valor de la altura del centro de gravedad 'h'. Para ello se aplicará la siguiente expresión:

$$h = \frac{h1 * T1 + h2 * T2 + h3 * T3}{T1 + T2 + T3}$$

Dónde:

- $h1 = 1 \text{ m}$ , altura del cdg del camión dada por el fabricante;
- $T1 = 7.383 \text{ kg}$ , masa del camión;
- $h2 = 1,635 \text{ m}$ , altura del cdg de la carga útil y tara;
- $T2 = 29.960 \text{ kg}$ , masa de la carga útil y tara;
- $h3 = 1 \text{ m}$ , altura del cdg del semirremolque;
- $T3 = 300 \text{ kg}$ , masa del semirremolque.

$$h = \frac{1 * 7.383 + 1,635 * 29.960 + 1 * 300}{7.383 + 29.960 + 300} = 1,5 \text{ m}$$

Aplicando los valores del radio de curva y el ángulo de peralte de la siguiente tabla obtenida de la Instrucción de Carreteras en su Norma 3.1-C, se obtendrán los diferentes valores de las velocidades límite de vuelco del camión cisterna del proyecto, los cuales deberán ser superiores a los valores de la velocidad específica de cada curva dados en dicha tabla.

**Grupo 1: autovías, autopistas, vías rápidas y carreteras C-100.**

V (km/h)	R (m)	$\alpha$ (%)	Vv (km/h)	Aceptable
<b>80</b>	250	8	150	SI
<b>90</b>	350	8	175	SI
<b>100</b>	450	8	198	SI
<b>110</b>	550	8	219	SI
<b>120</b>	700	8	247	SI

**Grupo 2: carreteras C-80, C-60 y C-40.**

V (km/h)	R (m)	$\alpha$ (%)	Vv (km/h)	Aceptable
<b>40</b>	50	7	65	SI
<b>50</b>	85	7	85	SI
<b>60</b>	130	7	106	SI
<b>70</b>	190	7	128	SI
<b>80</b>	265	7	151	SI
<b>90</b>	350	7	173	SI
<b>100</b>	485	5,85	202	SI
<b>110</b>	670	4,67	235	SI

Se comprueba en la comparativa que la velocidad límite de vuelco siempre es superior a la velocidad específica de la curva, con lo que el diseño cumple perfectamente la normativa aplicada.

- **Carretera sin peralte.**

Aplicando el valor de los radios de la siguiente tabla obtenida de la Instrucción de Carreteras en su Norma 3.1-C, se obtendrán los diferentes valores de las velocidades límite de vuelco del camión cisterna del proyecto, los cuales deberán ser superiores a los valores de la velocidad específica de cada curva dados en dicha tabla.

**Grupo 1: autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100.**

V (km/h)	R (m)	Vv (km/h)	Aceptable
<b>80</b>	250	138	SI
<b>90</b>	350	163	SI
<b>100</b>	450	185	SI

<b>110</b>	550	205	SI
<b>120</b>	700	231	SI

**Grupo 2: carreteras C-80, C-60 y C-40.**

V (km/h)	R (m)	Vv (km/h)	Aceptable
<b>40</b>	50	62	SI
<b>50</b>	85	80	SI
<b>60</b>	130	99	SI
<b>70</b>	190	120	SI
<b>80</b>	265	142	SI
<b>90</b>	350	163	SI
<b>100</b>	485	192	SI
<b>110</b>	670	226	SI

Se comprueba en la comparativa que la velocidad límite de vuelco 'Vv' siempre es superior a la velocidad específica de la curva 'V', con lo que el diseño cumple perfectamente la normativa aplicada.

**2.5.-Velocidad límite de derrape.**

La velocidad límite de derrape se calculará aplicando las siguientes expresiones:

- Carretera con peralte:

$$Vld = \sqrt{g * R * \left( \frac{\mu_{\text{máx}} + \text{tg}\alpha}{1 - \mu_{\text{máx}} * \text{tg}\alpha} \right)}$$

- Carretera sin peralte:

$$Vld = \sqrt{g * R * \mu_{\text{máx}}}$$

Dónde:

- g = 9,81 m/s<sup>2</sup> aceleración de la gravedad;
- R = radio de curvatura de la curva;

- $\mu_{\text{máx}}$  = coeficiente de adherencia máximo;    •  $\alpha$  = ángulo de peralte.

En este caso se realizará el estudio solo sobre las vías con peralte.

- **Carretera con peralte.**

Aplicando los valores del radio de curva y el ángulo de peralte de la siguiente tabla obtenida de la Instrucción de Carreteras en su Norma 3.1-C, se obtendrán los diferentes valores de las velocidades límite de derrape del camión cisterna del proyecto, los cuales deberán ser superiores a los valores de la velocidad específica de cada curva, en función de las condiciones climáticas, dados en dicha tabla.

Para los cálculos se tendrán en cuenta los valores medios orientativos de ' $\mu_{\text{máx}}$ ', correspondientes a superficies con diferentes estados climáticos, los cuales se expresan en la siguiente tabla:

**Valores medios del coeficiente de adherencia entre neumático y carretera.**

Superficie	$\mu_{\text{máx}}$
<b>Asfalto seco</b>	0,8
<b>Asfalto húmedo</b>	0,5
<b>Hielo</b>	0,1

Los valores de la velocidad límite de deslizamiento se representarán en la siguiente tabla:

**Grupo 1: autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100.**

<i>Vel. referencia V1 (km/h)</i>						<i>Vel. lím. desliz. Vld (km/h)</i>		
V (km/h)	Seco	Húmedo	Hielo	R (m)	$\alpha$ (%)	Seco	Húmedo	Hielo
<b>80</b>	130	80	53	250	8	173	139	76
<b>90</b>	154	93	63	350	8	204	164	90
<b>100</b>	174	103	72	450	8	232	186	102
<b>110</b>	193	111	79	550	8	256	205	113
<b>120</b>	217	122	89	700	8	289	232	127

**Grupo 2: carreteras C-80, C-60 y C-40.**

<i>Vel. Referencia V1 (km/h)</i>						<i>Vel. lím. deliz. Vld (km/h)</i>		
V (km/h)	Seco	Húmedo	Hielo	R (m)	$\alpha$ (%)	Seco	Húmedo	Hielo
<b>40</b>	57	40	23	50	7	77	61	33
<b>50</b>	75	51	29	85	7	100	80	43
<b>60</b>	93	60	36	130	7	123	99	53
<b>70</b>	112	71	44	190	7	149	119	64
<b>80</b>	132	80	52	265	7	176	141	76
<b>90</b>	152	90	60	350	7	202	162	87
<b>100</b>	177	100	65	485	5,85	236	188	99
<b>110</b>	206	110	69	670	4,67	274	218	112

Se comprueba como el diseño tiene en todo momento y para todas las condiciones posibles, una velocidad límite de deslizamiento superior a la velocidad de referencia dada, con lo que cumple con la Instrucción de Carreteras en su Norma 3.1-C.

Como conclusión al estudio de las velocidades límite de vuelco y de derrape del vehículo cisterna del diseño, se puede destacar que el vehículo cumple con todos los requisitos relativos a este aspecto, debido a que todas las velocidades límite, tanto de vuelco como de derrape calculadas, están por encima de los valores de referencia marcados en la Instrucción de Carreteras en su Norma 3.1-C.

Cabe destacar, como dato importante, que el vehículo cisterna volcaría antes que deslizar en los casos en los que el asfalto estuviera seco, mientras que deslizaría antes de volcar en pavimentos húmedos o con hielo.

## **2.6.-Tornillos de anclaje del soporte de la quinta rueda.**

El acoplamiento entre el vehículo y la cisterna se realizará mediante un dispositivo denominado quinta rueda.

La quinta rueda incorpora un soporte con una serie de orificios a través de los cuales se atornillará al bastidor del chasis del vehículo.

Las directrices marcadas por el fabricante Mercedes-Benz, indican que no está autorizada la unión por soldadura en el bastidor del chasis del camión, de ahí que esta unión se realice mediante tornillos.

El bastidor del vehículo tiene provistos de fábrica una serie de orificios a lo largo de toda su extensión, de manera que no es necesario, ni está permitido, realizar operaciones de taladrado.

Para el cálculo de los tornillos se considerará que todos están sometidos únicamente a esfuerzos de cortadura.

Cuando se produzca una frenada, aparecerá una fuerza de inercia 'If' cuyo valor se calculará con la siguiente expresión:

$$I_f = (q + C) * \left(\frac{J}{g}\right) \Rightarrow \frac{J}{g} = z$$

Dónde:

- If = Fuerza de inercia por la acción de frenado en N;
- (q+C) = Carga útil + peso de la cisterna y equipos en N;
- z = Coeficiente de frenado del vehículo;
- J = Deceleración de frenado en m/s<sup>2</sup>;
- g = aceleración de la gravedad en m/s<sup>2</sup>.

El coeficiente 'z' de frenado está definido en la Directiva 98/14/CE de la Comisión de 27 de Enero de 1.998, por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 71/320/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los dispositivos de frenado de determinadas categorías de vehículos a motor y sus remolques.

El coeficiente de frenado para el vehículo del diseño deberá cumplir la siguiente relación:

$$z \geq 0,1 + 0,85 * (k - 0,2) \text{ siendo } 0,2 \leq k \leq 0,8$$

Se elegirá el valor de k más desfavorable k = 0,8, siendo z:

$$z \geq 0,1 + 0,85 * (0,8 - 0,2) \Rightarrow z \geq 0,61$$

El valor de la fuerza de inercia será:

$$I_f = 293.907 \text{ (N)} * 0,61 = 179.283 \text{ N}$$

Esta será la fuerza de inercia producida por la acción de frenado en el vehículo.

Para el cálculo de la resistencia a la cortadura de un tornillo, se utilizará la teoría elemental de la cortadura de la resistencia de los materiales.

Las características de los tornillos que el fabricante incluye para realizar la fijación de la quinta rueda al vehículo son:

- Métrica: M14;
- Diámetro del tornillo:  $D = 0,014 \text{ m}$ ;
- Calidad: 8,8;
- Área de la sección del tornillo:  $A = \frac{\pi * 0,014^2}{4} = 1,54 * 10^{-4} \text{ m}^2$ ;
- Paso de rosca:  $p = 2 \text{ mm}$ ;
- Tensión de rotura:  $\sigma_r \geq 828 \text{ N/mm}^2$ ;
- Tensión límite de elasticidad:  $\sigma_e \geq 635 \text{ N/mm}^2$ .

Para calcular el límite elástico admisible a cortadura del tornillo, se aplicará la Teoría del Esfuerzo Cortante Máximo (TECM) que indica:

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_e}{2}$$

Siendo  $\sigma_e = 635 \text{ N/mm}^2$  la tensión límite de elasticidad del tornillo empleado.

Por lo tanto, el límite elástico admisible a cortadura será:

$$\tau_{adm} = \frac{635 \left( \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{2} = 317,5 \text{ N/mm}^2$$

La resistencia a cortadura de cada tornillo será:

$$R_{ct} = \tau_{adm} * A = 317,5 \left( \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) * 154(\text{mm}^2) = 48.895 \text{ N}$$

La fijación al chasis se diseñará mediante la colocación de 24 tornillos de acero A-325-2 (martensítico de bajo carbono templado y revenido), colocados verticalmente y perpendiculares al sentido de la marcha en todo el perímetro de la placa de anclaje de la quinta rueda.

La resistencia a cortadura de los tornillos deberá ser superior a la inercia de frenado, considerando aceptable un coeficiente de seguridad mayor o igual 6.

$$R_{ct} * N^{\circ} \text{tornillos} \geq I_f \Rightarrow 48.895 \text{ (N)} * 24 \geq 179.283 \text{ (N)}$$

$$1.173.480 \text{ (N)} \geq 179.283 \text{ (N)} \Rightarrow \text{Se cumple.}$$

Este elevado coeficiente de seguridad se justifica teniendo en cuenta futuras previsiones de desgaste y corrosión provocadas por la intemperie dónde se desarrollará gran parte de la actividad del vehículo del proyecto, la humedad, el contacto con el material de transporte, posibles errores o desviaciones en las propiedades previstas de los materiales que se manejan, diferencias entre las propiedades tabuladas y las obtenidas en realidad, tolerancias de fabricación y montaje, tolerancias por incertidumbre en las solicitaciones a que se someterá el elemento y la propia incertidumbre del método de cálculo.

El coeficiente de seguridad obtenido será:

$$n = \frac{1.173.480}{179.283} = 6,54 \geq 6 \Rightarrow \text{Válido.}$$

De esta forma queda justificada la sujeción de la quinta rueda al bastidor del chasis del camión.

## **2.7.-Soldaduras.**

El cálculo de las soldaduras del proyecto se efectuará aplicando la normativa NBE EA-95.



Las soldaduras de todas las partes que compondrán la estructura del depósito y sus elementos, serán del tipo a tope y con penetración total del material de aporte.

Una soldadura a tope se considerará que es de penetración total si la fusión entre el material base y el de aportación se produce en todo el espesor de la unión.

Para este tipo de uniones soldadas, la norma NBE EA-95 especifica que, si estas soldaduras se realizan correctamente, esto es, se ejecutan continuas en toda su longitud, no es necesario cálculo alguno para su determinación.

Esto es así, debido a que en este caso la resistencia de cálculo, es decir, lo que aguantará cada soldadura ante cualquier sollicitación, estará condicionada con la resistencia que tenga la pieza más débil de entre las unidas.

## **2.8.-Aislamiento térmico.**

La cisterna del proyecto no irá provista de aislamiento térmico debido a que el producto transportado, ácido sulfúrico, no es una sustancia que deba transportarse ni a temperaturas muy altas, ni muy bajas y tampoco es un producto especialmente volátil.

El acabado superficial exterior constará de una primera capa de imprimación de epóxico, una capa intermedia de primer epóxico y una última capa de epóxico acrílico, 'Iponlac 331', que dotará al depósito de toda la protección necesaria que para su diseño requiere.



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**



**DOCUMENTO N° 3**

**PLANOS**

**AUTOR: JOSÉ CARAVACA GARCÍA**

**TITULACIÓN: I.T.I. MECÁNICA**

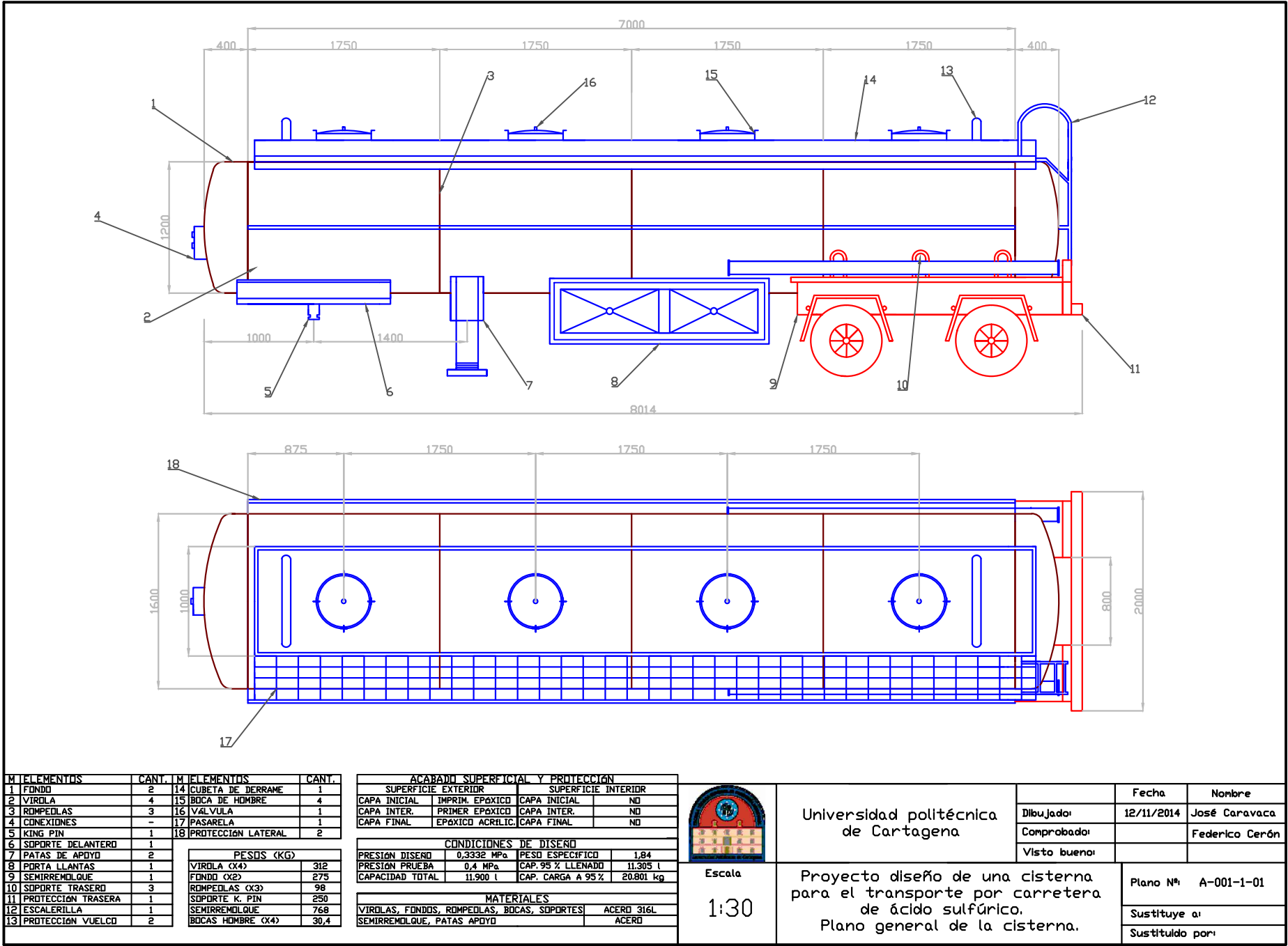
**DIRECTOR: FEDERICO CERÓN DE LARA**

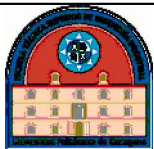
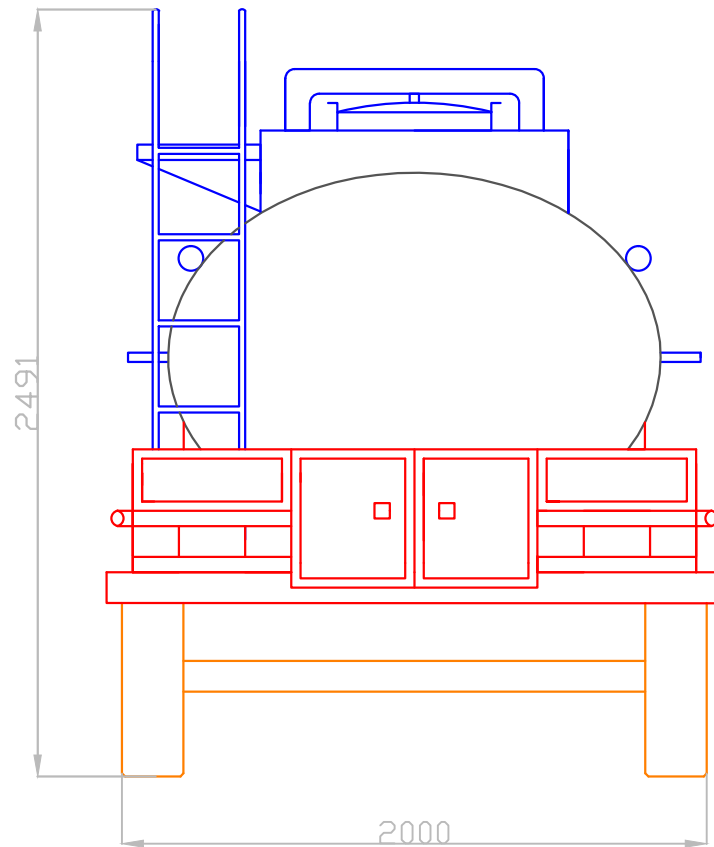
**ENERO 2015**

## ÍNDICE PLANOS

### 3.- PLANOS.

3.1.- Plano general de la cisterna.....	A-001-1-01
3.2.- Plano posterior de la cisterna.....	A-001-1-02
3.3.- Plano del servicio de descarga.....	A-001-1-03
3.4.- Plano del servicio de aire a presión.....	A-001-1-04
3.5.- Plano del servicio de seguridades y derrames.....	A-001-1-05
3.6.- Plano del etiquetado posterior.....	A-001-1-06
3.7.- Plano del etiquetado del camión.....	A-001-1-07
3.8.- Plano del etiquetado lateral y frontal.....	A-001-1-08
3.9.- Plano de detalle: virolas.....	A-001-1-09
3.10.- Plano de detalle: fondos.....	A-001-1-10
3.11.- Plano de detalle: soportes.....	A-001-1-11
3.12.- Plano de detalle: soporte delantero.....	A-001-1-12
3.13.- Plano de detalle: bocas de hombre.....	A-001-1-13
3.14.- Plano de detalle: boca de hombre explosionada.....	A-001-1-14
3.15.- Plano de detalle: válvula de corte.....	A-001-1-15
3.16.- Plano de detalle: válvula de corte explosionada.....	A-001-1-16
3.17.- Plano de detalle: válvula de fondo.....	A-001-1-17
3.18.- Plano de detalle: válvula de fondo explosionada.....	A-001-1-18
3.19.- Plano de detalle: escalerilla y pasarela.....	A-001-1-19
3.20.- Plano de detalle: rompeolas.....	A-001-1-20
3.21.- Plano de detalle: uniones soldadas.....	A-001-1-21





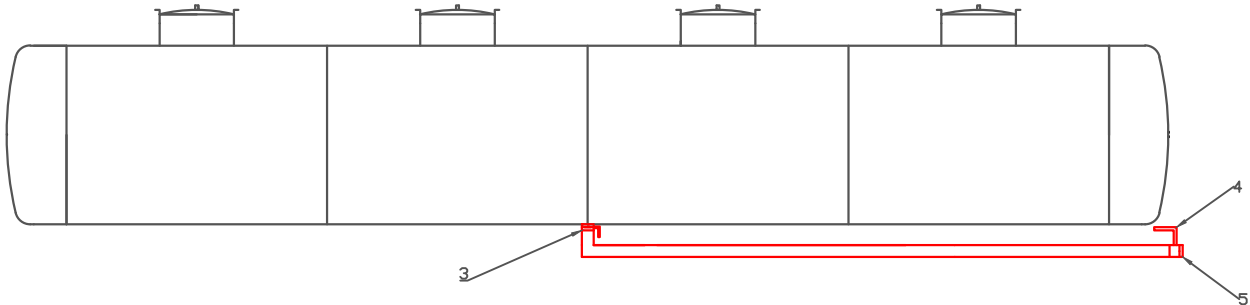
Universidad  
politécnica  
de Cartagena

Fecha	Nombre
12/11/2014	José Caravaca
Comprobado	Federico Cerón
Visto bueno	

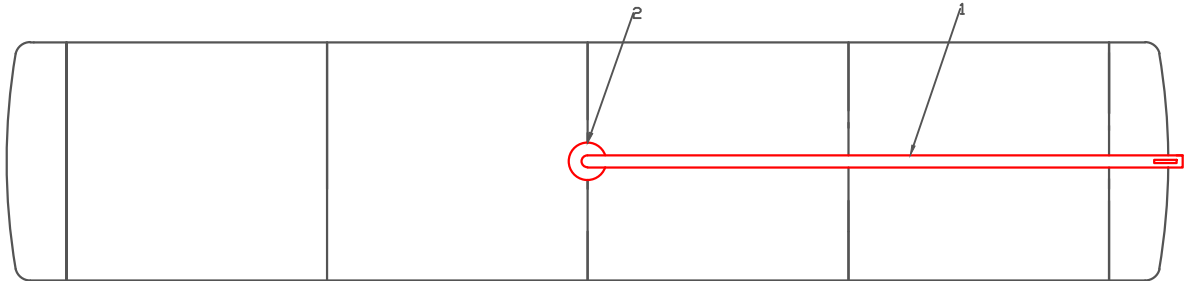
Proyecto diseño de una cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico. Plano posterior de la cisterna.	Nº plano: A-001-1-02
	Escala 1:20

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

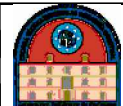


Vista: alzado.



Vista: inferior.

M	ELEMENTOS	CANTIDAD
1	TUBERÍA	1
2	BRIDA	1
3	VÁLVULA DE FONDO	1
4	VÁLVULA DE CORTE	1
5	TAPÓN ROSCADO	1



Escala  
1:30

Universidad politécnica  
de Cartagena

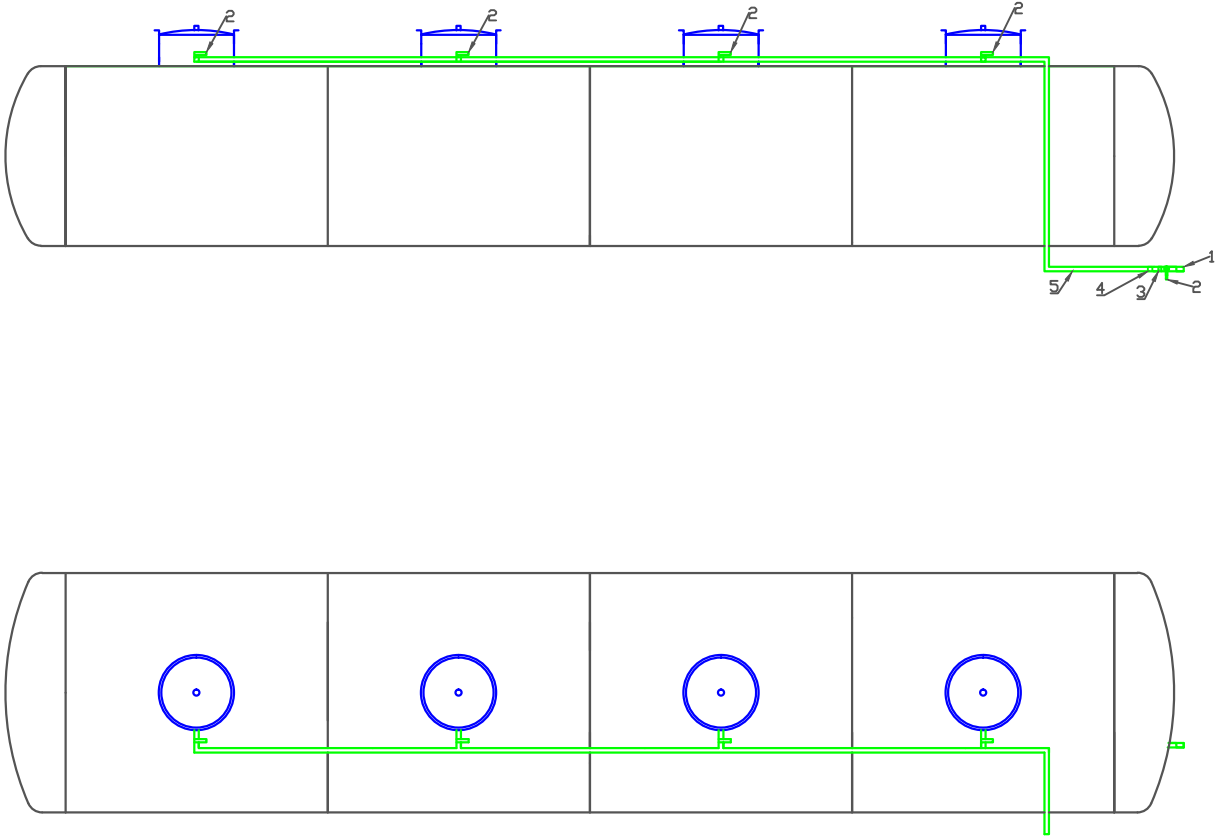
	Fecha	Nombre
Dibujado:	12/11/2014	José Caravaca
Comprobado:		Federico Cerón
Visto bueno:		

Proyecto diseño de una cisterna  
para el transporte por carretera  
de ácido sulfúrico.  
Plano del servicio de descarga.


Plano Nº: A-001-1-03
Sustituye a:
Sustituido por:

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



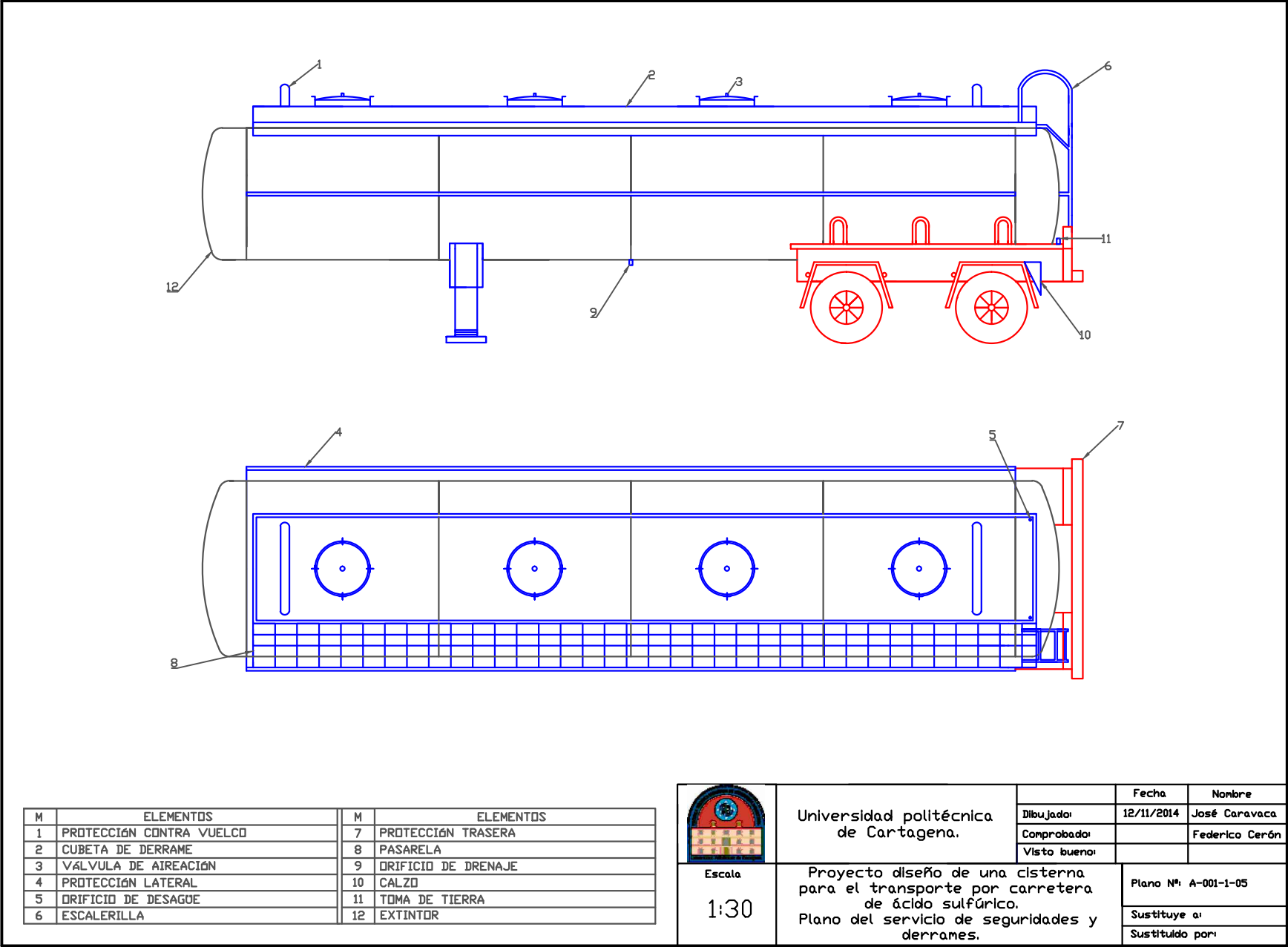
M	ELEMENTOS	CANTIDAD
1	ENTRADA DE PRESIÓN	1
2	LLAVE DE PASO	5
3	MANÓMETRO	1
4	VÁLVULA DE SEGURIDAD	1
5	COLECTOR	-

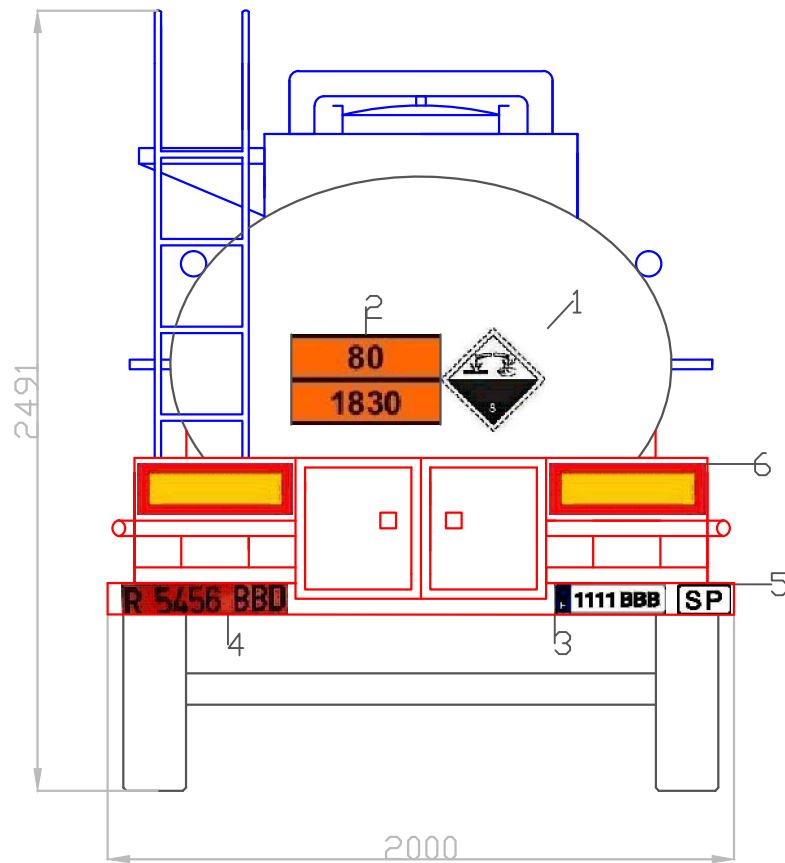
	Universidad politécnica de Cartagena		Fecha	Nombre
		Dibujado:	12/11/2014	José Caravaca
		Comprobado:		Federico Cerón
		Visto bueno:		
Escala  1:30	Proyecto diseño de una cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico. Plano del servicio de aire a presión.	Plano N°: A-001-1-04		
		Sustituye a:		
		Sustituido por:		



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK





M	ELEMENTOS
1	PLACA DE PELIGRO
2	PANEL NARANJA
3	MATRÍCULA DEL VEHÍCULO
4	MATRÍCULA DE LA CISTERNA
5	PLACA DE SERVICIO PÚBLICO
6	PLACA DE VEHÍCULO LARGO



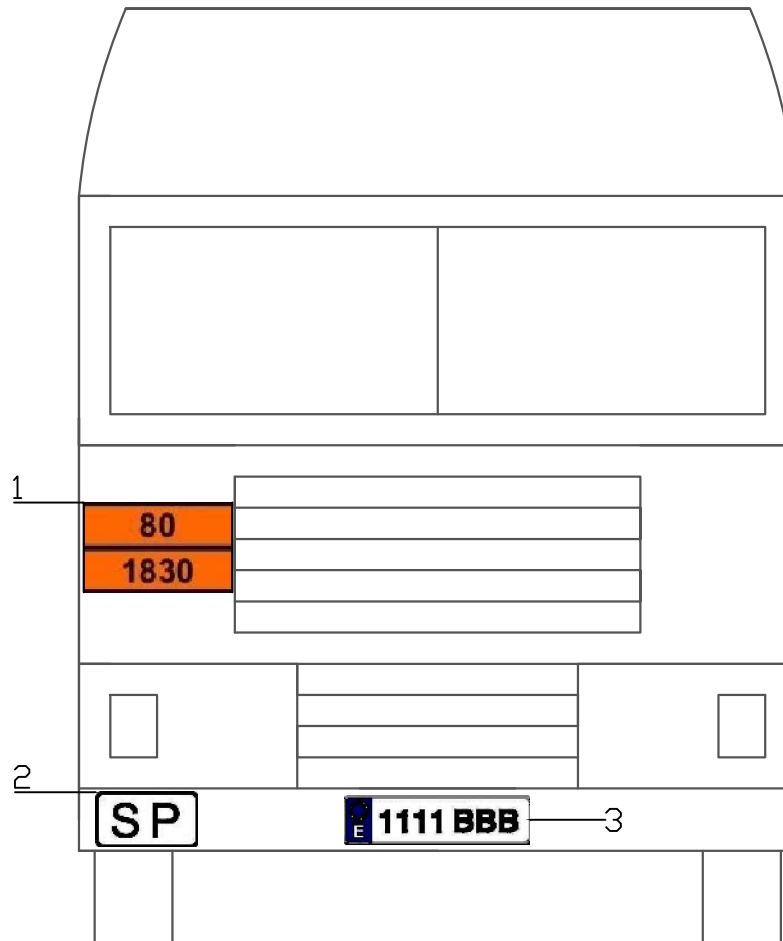
Universidad  
politécnica  
de Cartagena

	Fecha	Nombre
Dibujado	12/11/2014	José Caravaca
Comprobado		Federico Cerón
Visto bueno		

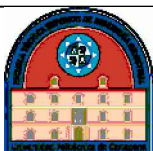
Proyecto diseño de una cisterna  
para el transporte por carretera  
de ácido sulfúrico.  
Plano del etiquetado posterior.

Nº plano: A-001-1-06

Escala  
1:20



M	ELEMENTOS
1	PLACA NARANJA
2	PLACA DE VEHÍCULO ESPECIAL
3	MATRÍCULA DEL VEHÍCULO



Universidad  
politécnica  
de Cartagena

	Fecha	Nombre
Dibujado	12/11/2014	José Caravaca
Comprobado		Federico Cerón
Visto bueno		

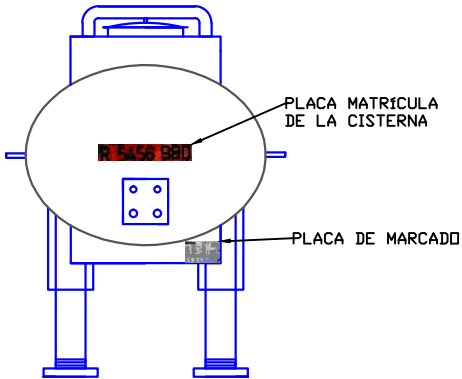
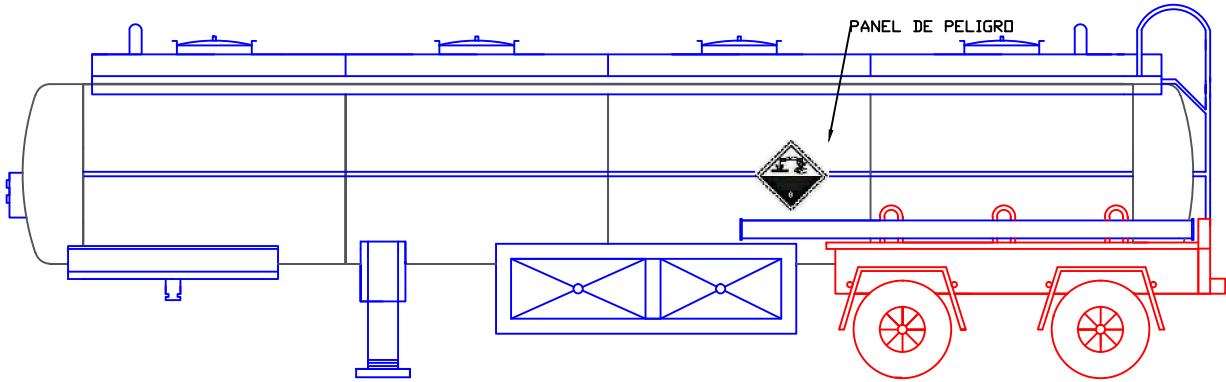
Proyecto diseño de una cisterna  
para el transporte por carretera  
de ácido sulfúrico.  
Plano del etiquetado del camión.


Nº plano: A-001-1-07

Escala  
1:20

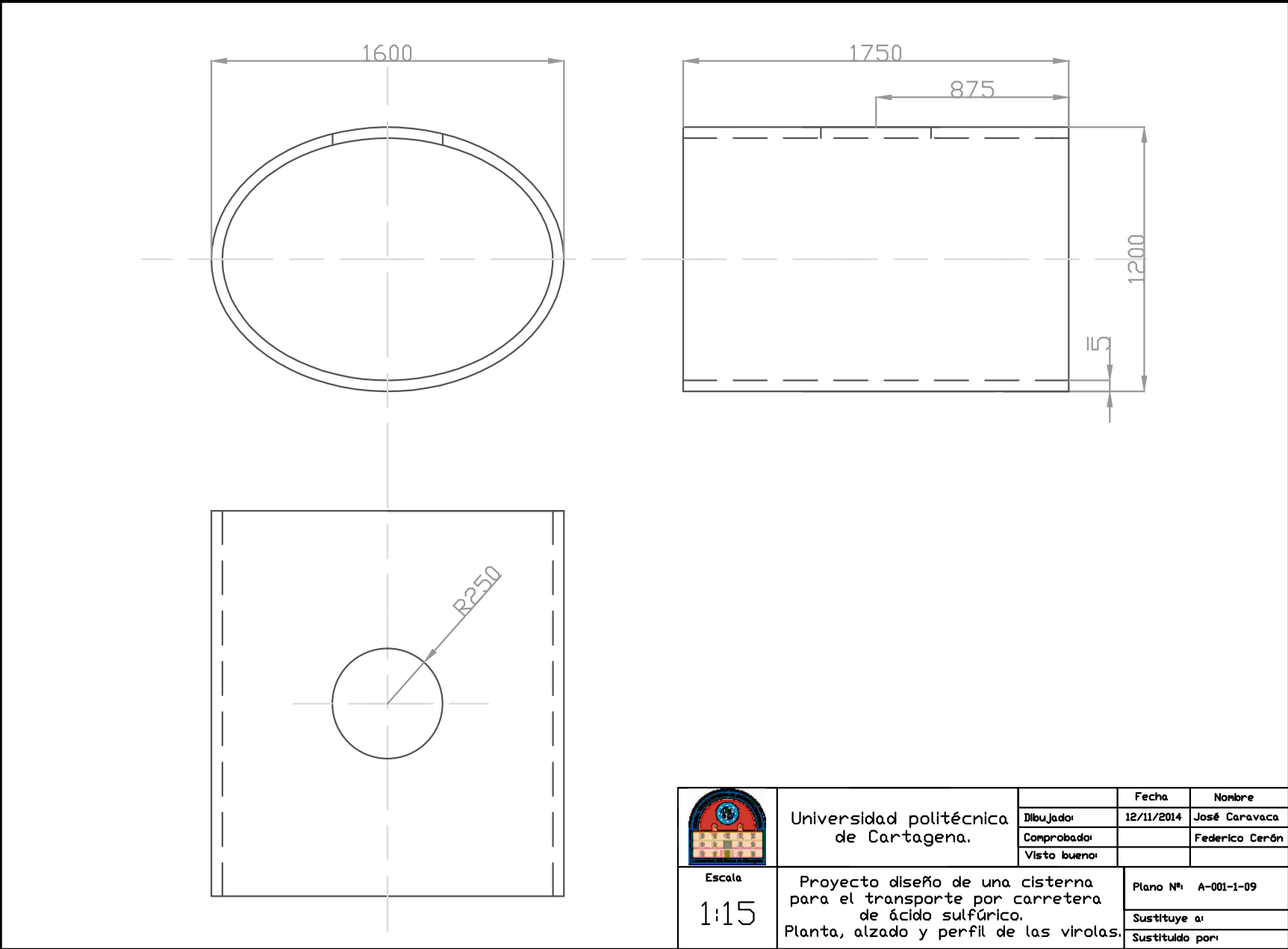
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



	Universidad politécnica de Cartagena.		Fecha	Nombre
	Dibujado:		12/11/2014	José Caravaca
	Comprobado:			Federico Cerón
Escala 1:30	Proyecto diseño de una cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico. Plano del etiquetado lateral y frontal		Plano N°: A-001-1-08	
			Sustituye a:	
			Sustituido por:	

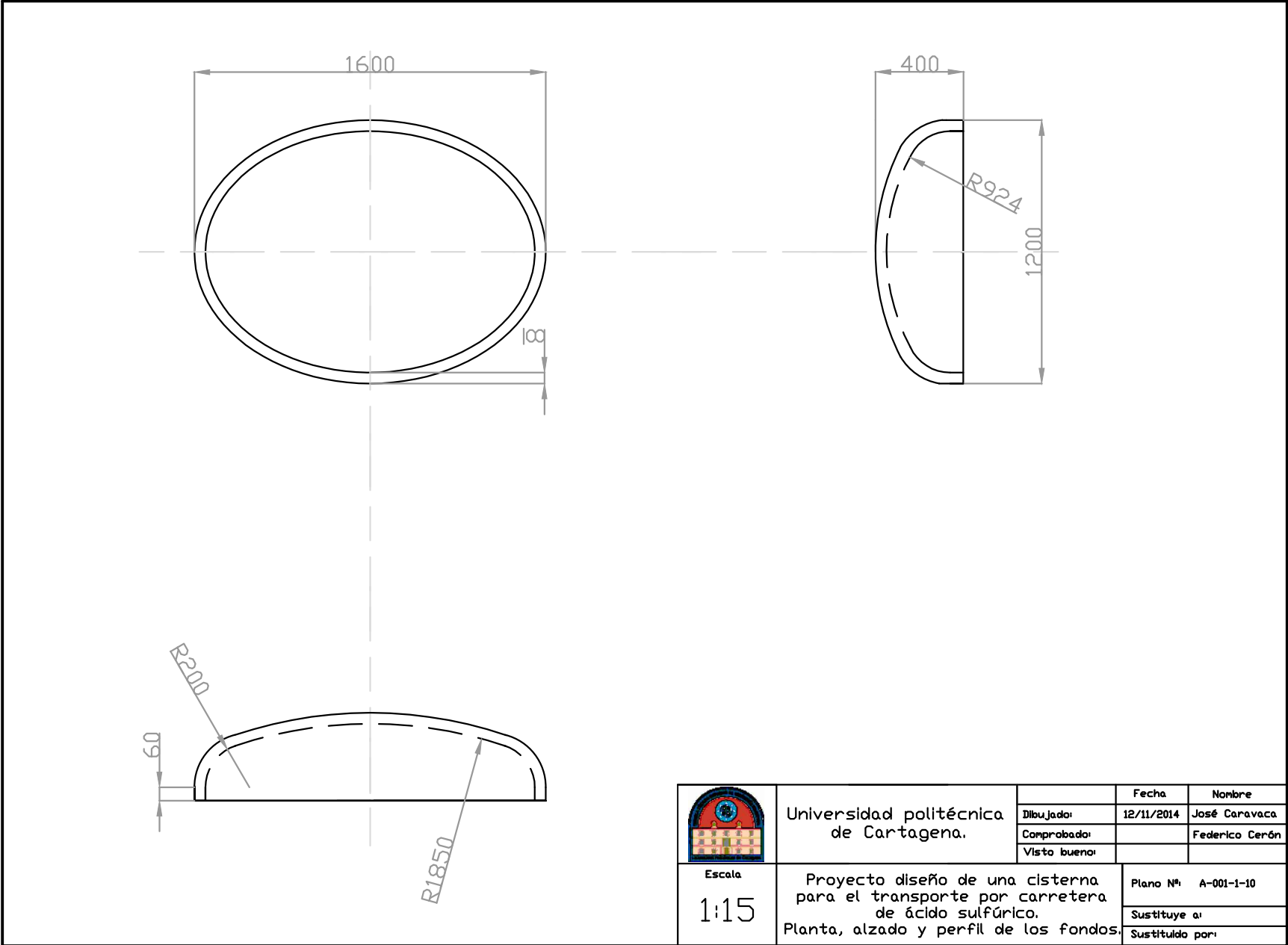
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



	Universidad politécnica de Cartagena.		Fecha	Nombre
	Dibujador	12/11/2014	José Caravaca	
	Comprobador		Federico Cerón	
Visto bueno				
Escala	Proyecto diseño de una cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico. Planta, alzado y perfil de las virolas.		Plano N°: A-001-1-09	
1:15			Sustituye a:	
			Sustituido por:	

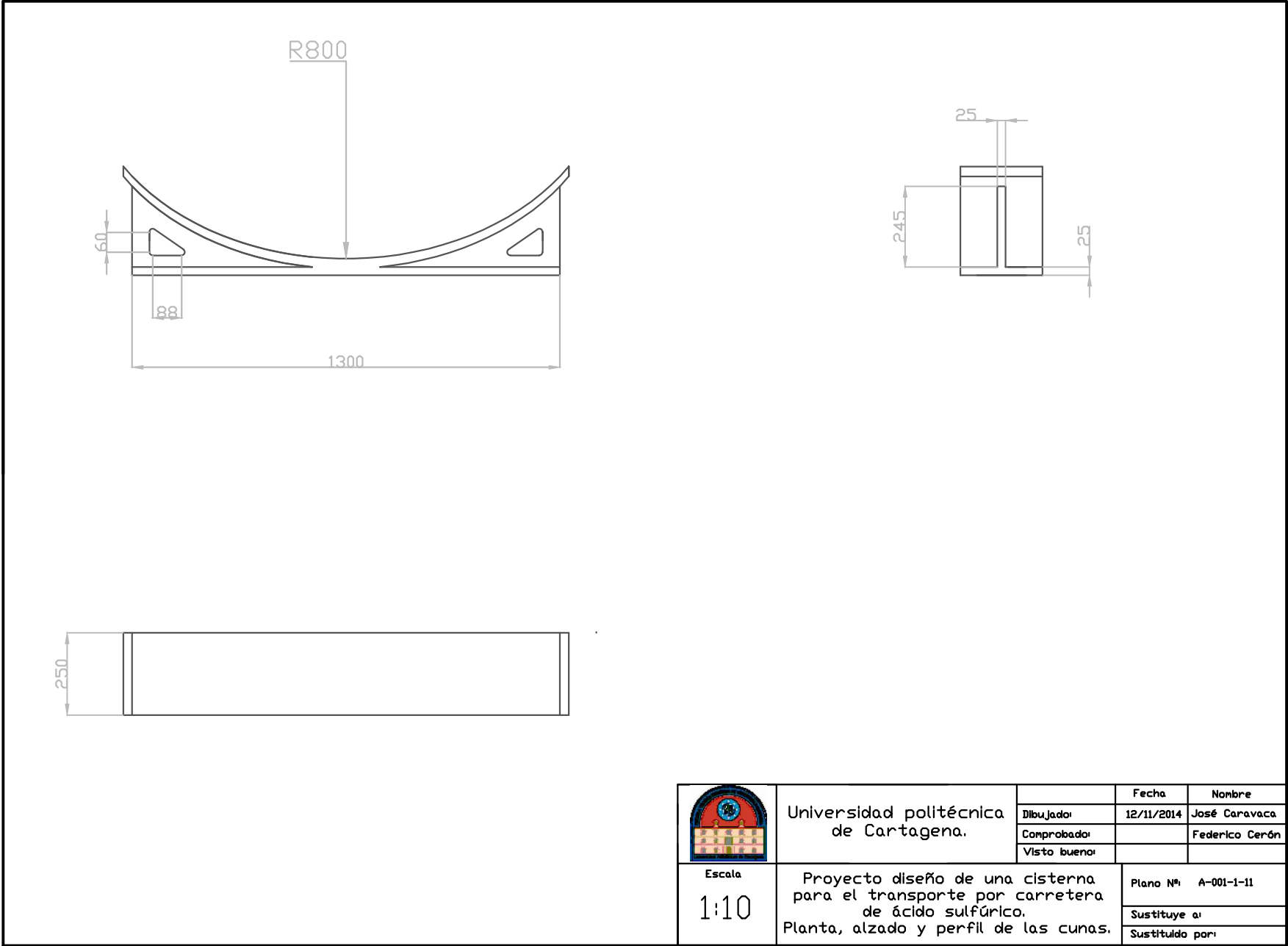
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



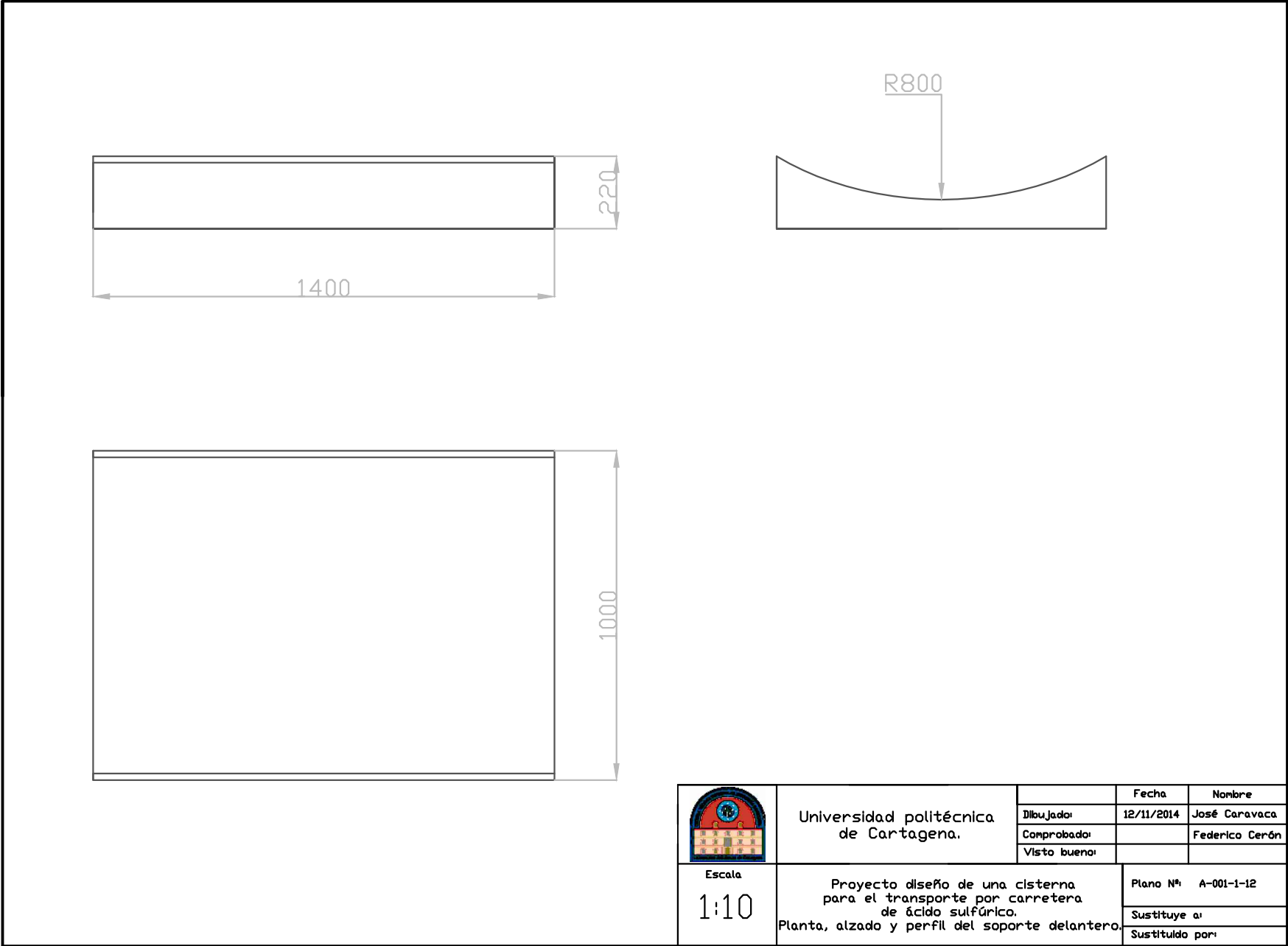
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK




PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

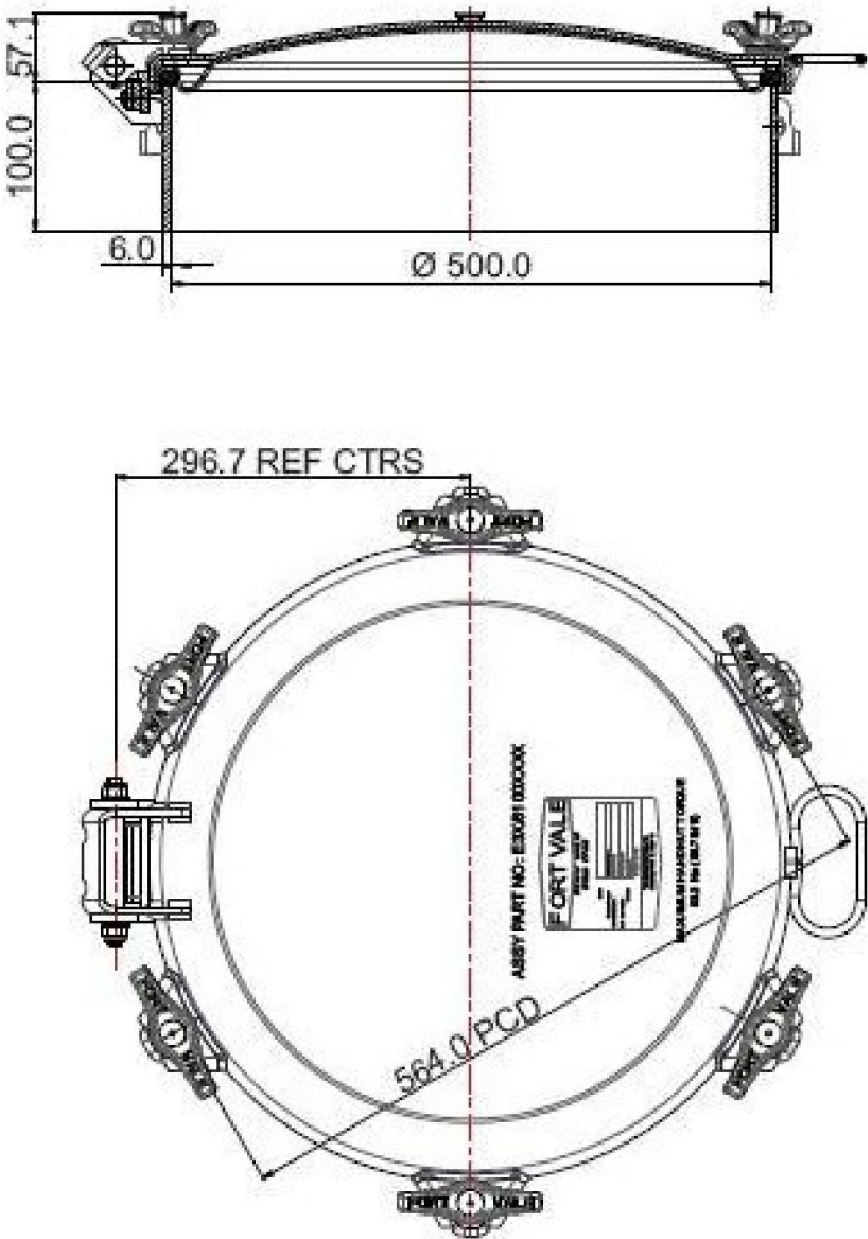
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

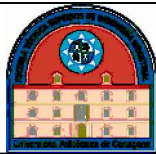


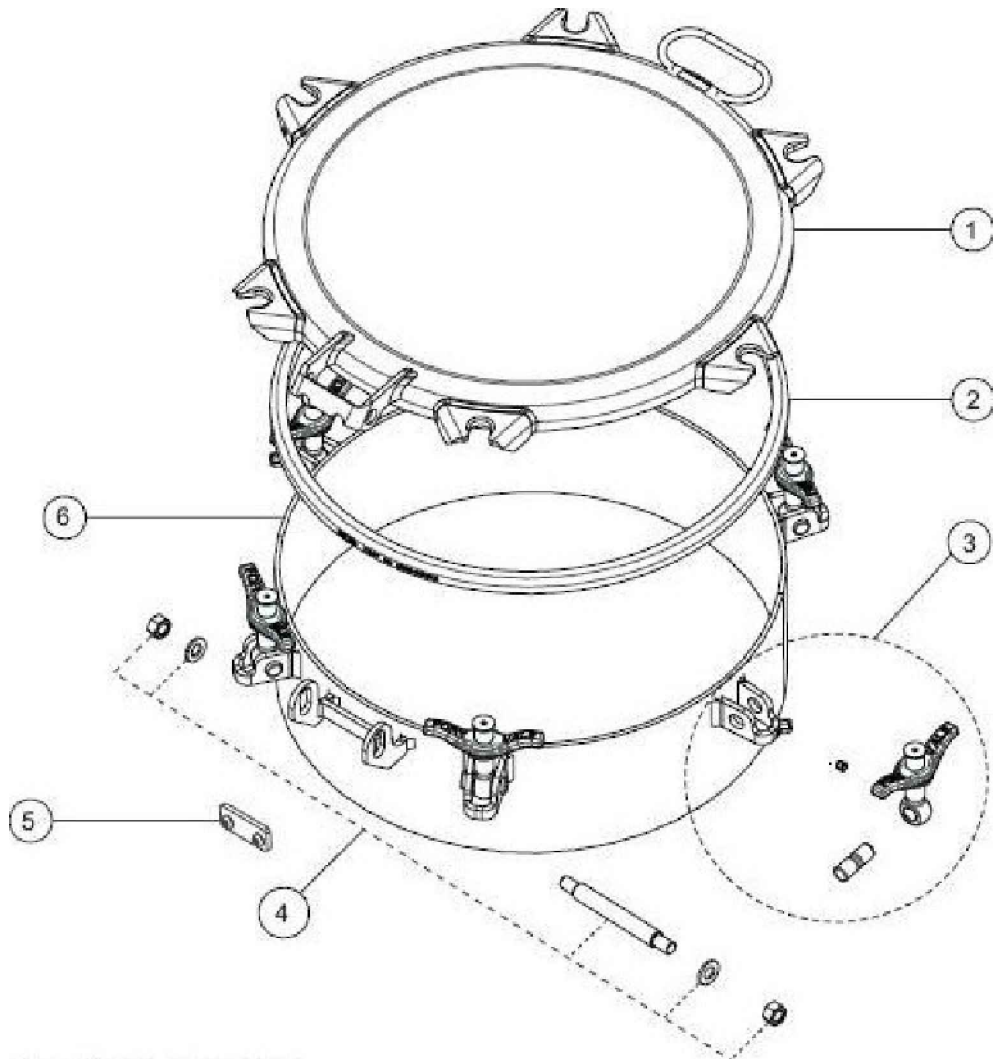
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

	Universidad politécnica de Cartagena.	Fecha		Nombre
		Dibujado:	12/11/2014	José Caravaca
		Comprobado:		Federico Cerón
		Visto bueno:		
Escala 1:10	Proyecto diseño de una cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico. Planta, alzado y perfil del soporte delantero.			Plano N°: A-001-1-12
				Sustituye a:
				Sustituido por:





		Fecha	Nombre
	Dibujado	12/11/2014	José Caravaca
	Comprobado		Federico Cerón
	Visto bueno		
Universidad politécnica de Cartagena	Proyecto diseño de una cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico. Boca de hombre.		Nº plano: A-001-1-13
			Escala S/E



1	TAPA SUPERIOR DE CIERRE
2	JUNTA DE ESTANQUEIDAD
3	PALOMETA DE CIERRE (X6)
4	CONJUNTO DEL PASADOR DE LA BISAGRA
5	KIT DE BISAGRA
6	CUELLO



Universidad  
politécnica  
de Cartagena

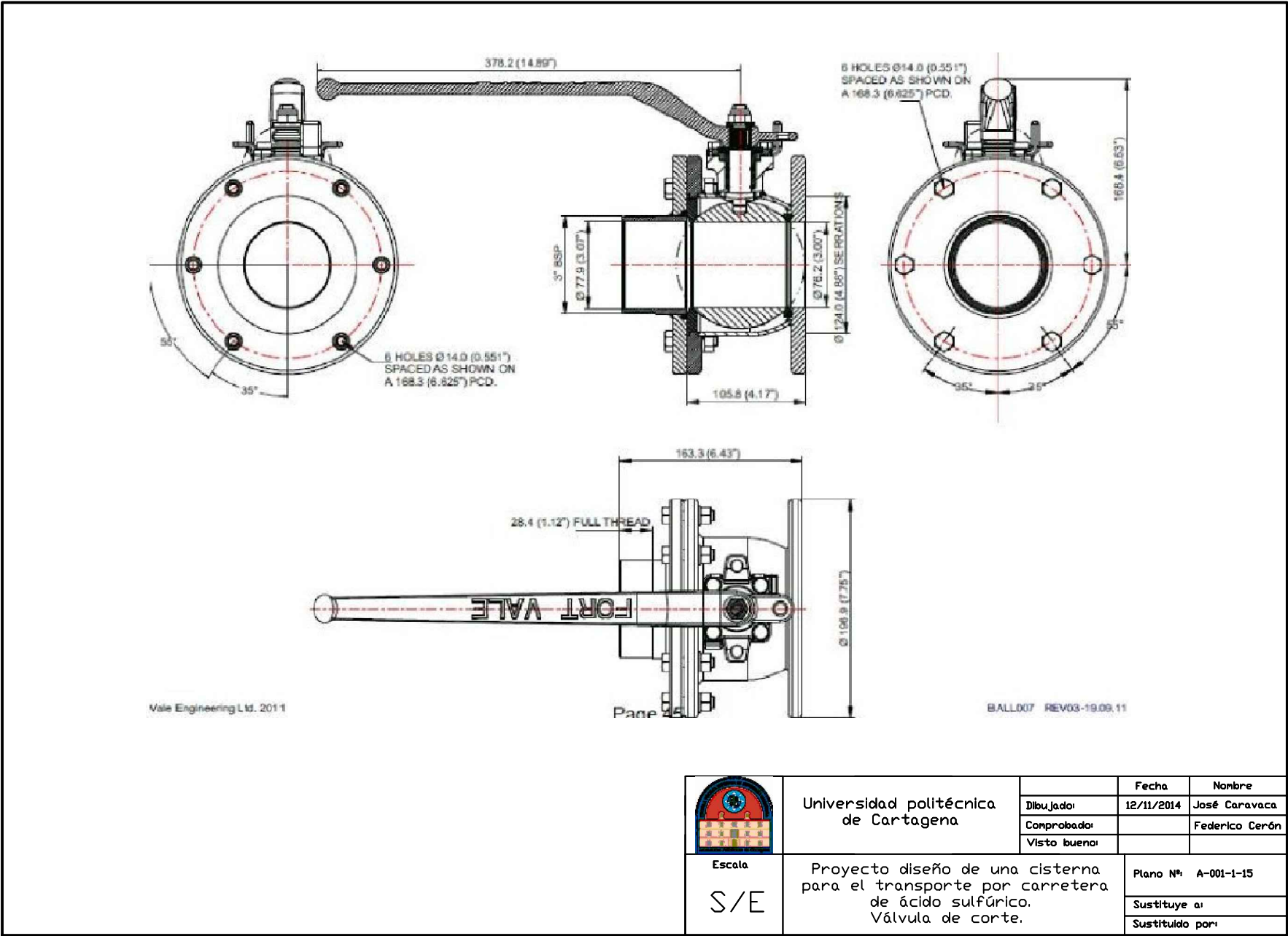
	Fecha	Nombre
Dibujado	12/11/2014	José Caravaca
Comprobado		Federico Cerón
Visto bueno		


Proyecto diseño de una cisterna  
para el transporte por carretera  
de ácido sulfúrico.  
Boca de hombre explosionada.

Nº plano: A-001-1-14

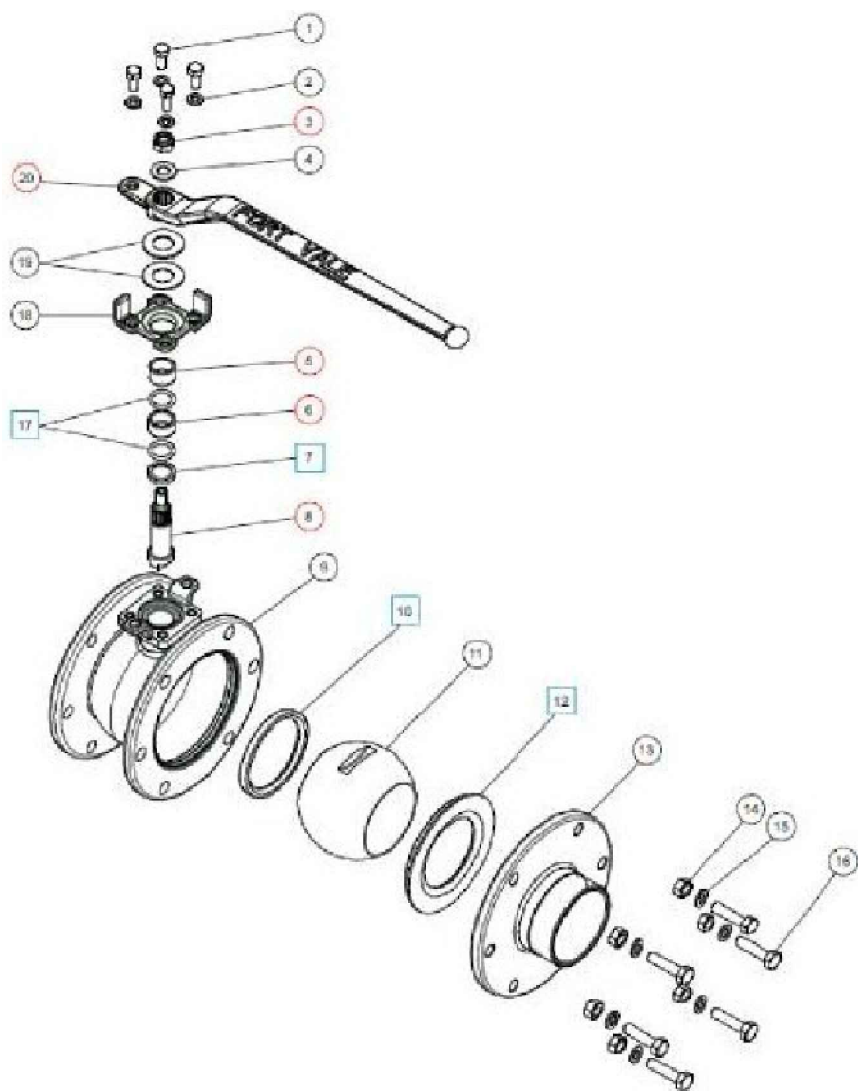
Escala  
S/E

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



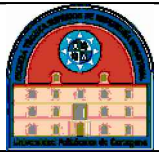
	Universidad politécnica de Cartagena		Fecha	Nombre
	Dibujador	12/11/2014	José Caravaca	
	Comprobador		Federico Cerón	
	Visto bueno			
Escala S/E	Proyecto diseño de una cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico. Válvula de corte.		Plano N°	A-001-1-15
			Sustituye a:	
			Sustituido por:	

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



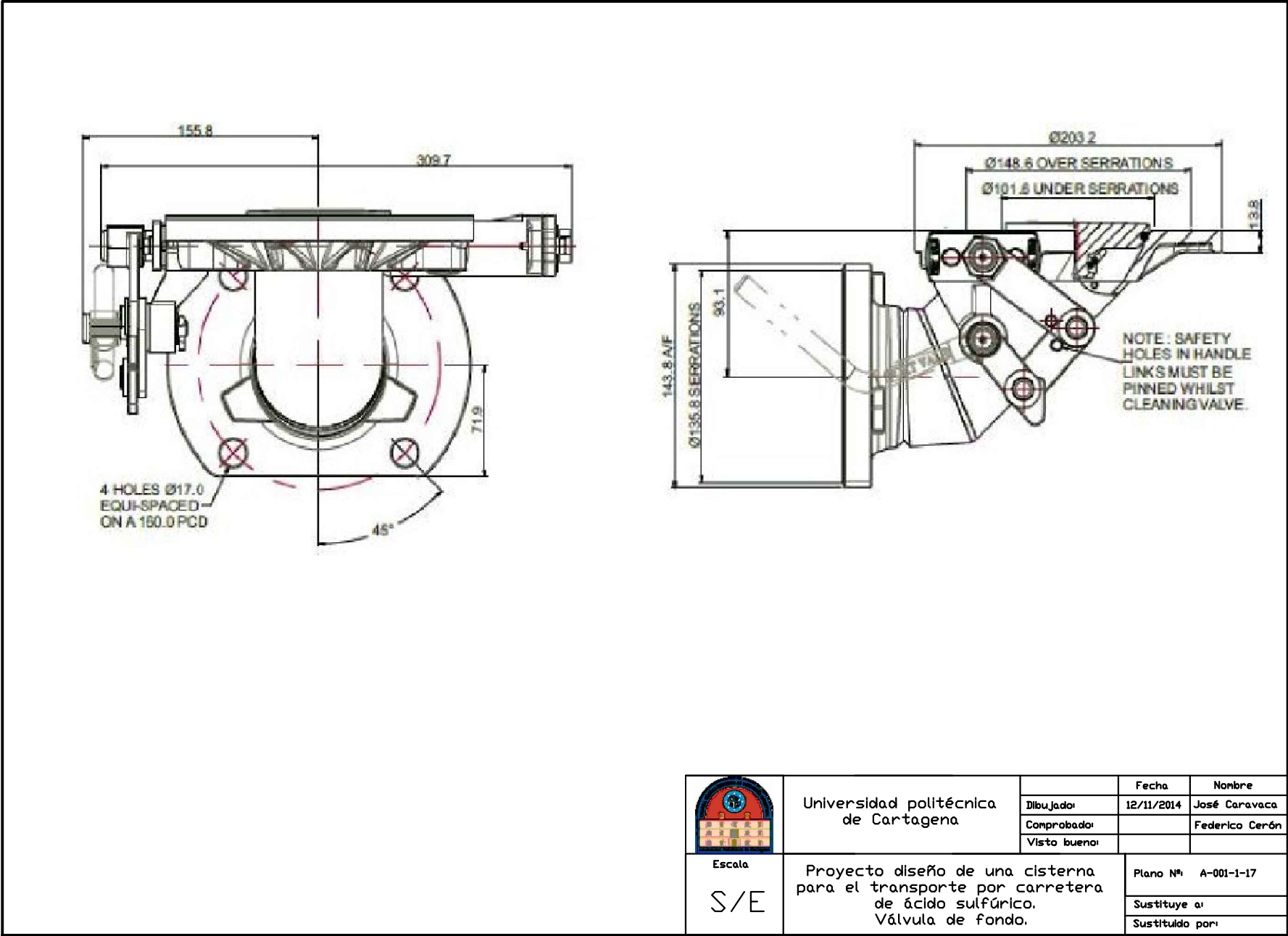
Item	Description	Part No.
1	M8 hex head bolt (4)	5111-822
2	M8 flat section spring washer (4)	5113-003
3	M12 self locking nut	5112-007
4	M12 washer	5123-003
5	Top stuffing collar	360/3412
6	Bottom stuffing collar	360/3413
7	Bottom bearing	360/3421
8	Spindle	360/3422
9	3" flanged ball valve body	360/5014
10	Back seal	360/3402

Item	Description	Part No.
11	Solid ball plug	360/3401
12	Front seal	360/3405
13	3" BSP male outlet flange	20409/14
14	M12 full nut (6)	5112-006
15	M12 flat section spring washer (6)	5113-010
16	M12 hex head bolt (6)	5111-023
17	PTFE O ring (2)	5095-113
18	Clamp plate	360/5005
19	20mm Belleville washer (2)	5113-041
20	Handle weld assembly	360/3416



Dibujado	Fecha	Nombre
	12/11/2014	José Caravaca
	Comprobado	Federico Cerón
Visto bueno		
Universidad politécnica de Cartagena	Proyecto diseño de una cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico. Válvula de corte explosionada.	Nº plano: A-001-1-16
		Escala S/E

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

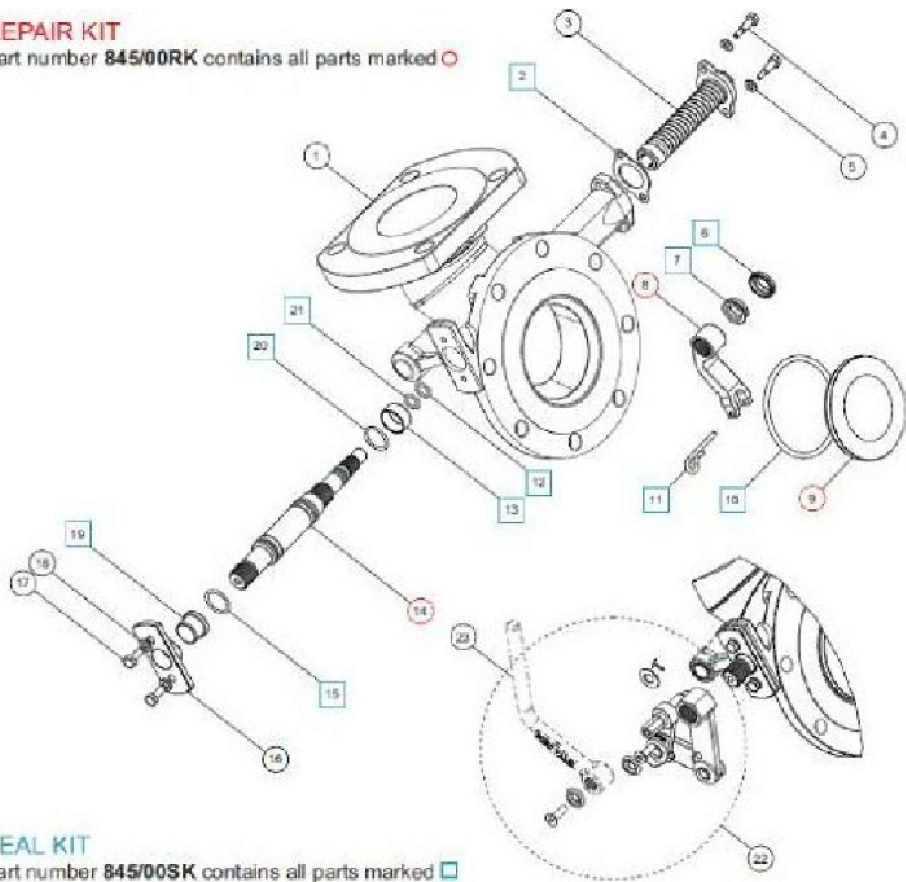


PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK














REPAIR KIT












Part number 845/00RK contains all parts marked 

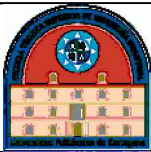


SEAL KIT

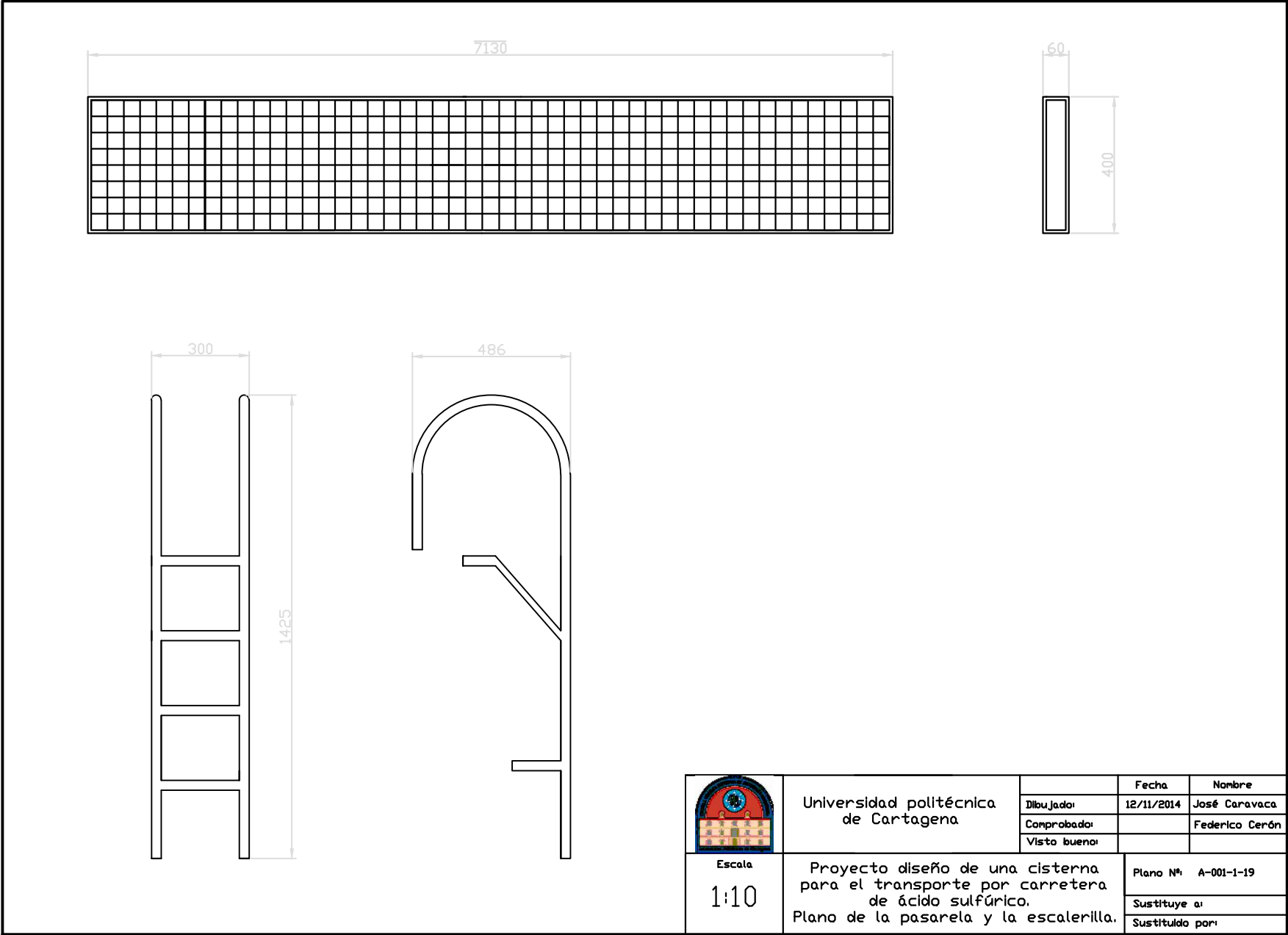
Part number 845/00SK contains all parts marked 

Item	Description	Part No.
1	Body	844/2075A
2	Spring boss gasket	5005-845  
3	Spring assembly	845/0050
4	Clamp screw (2)	845/0017
5	Spring washer (2)	5113-008
6	Bush seal	845/0064  
7	Seal energizer	845/0063  
8	Lifting fork	845/0010
9	Poppet	845/0040 
10	Fortyt O ring	5005-104  
11	Retaining pin	845/0015  
12	Perfluoroelastomer O ring	10133PHT  

Item	Description	Part No.
13	Spindle bearing	845/0062  
14	Spindle	845/0200 
15	Viton O ring	5005-336  
16	Stuffing clamp	845/0016
17	Clamp bolt (2)	5111-022
18	Spring washer (2)	5113-008
19	Stuffing seal	845/0061  
20	Perloot O ring	5005-384  
21	PTFE O ring	5005-008  
22	Handle linkage assembly	324/8910
23	Handle	T.B.A. "See note"

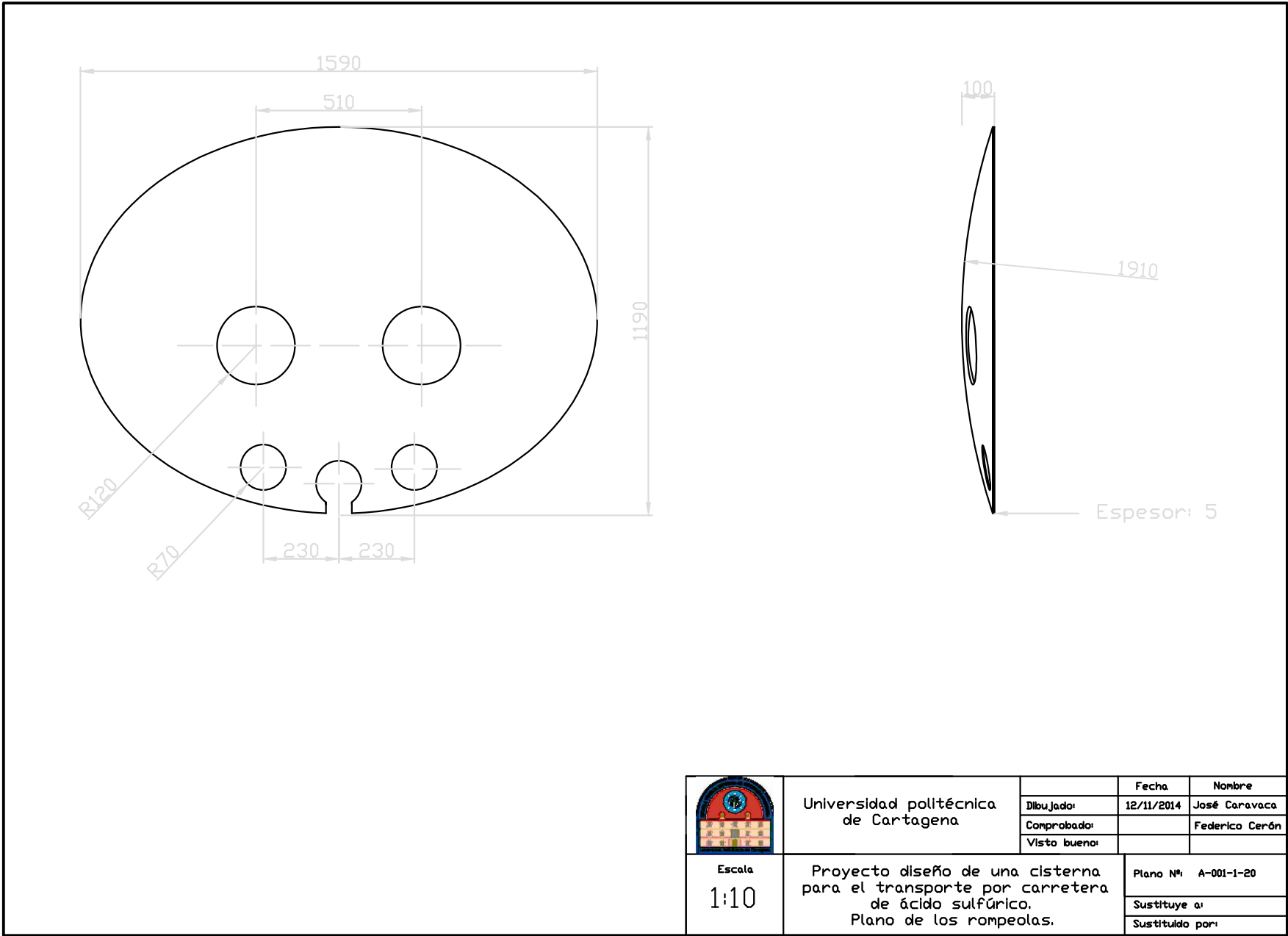
		Fecha	Nombre
	Dibujado	12/11/2014	José Caravaca
	Comprobado		Federico Cerón
	Visto bueno		
Universidad politécnica de Cartagena	Proyecto diseño de una cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico. Válvula de fondo explosionada.		Nº plano: A-001-1-18
			Escala S/E

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



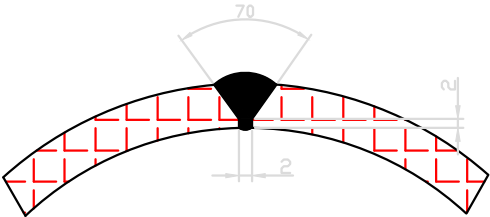
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



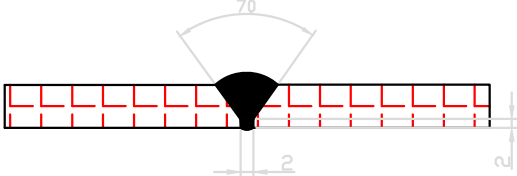
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

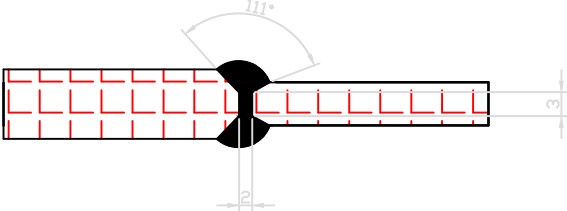
DETALLE SOLDADURA DE LA VIROLA



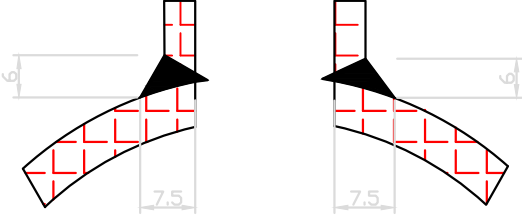
DETALLE SOLDADURA ENTRE VIROLAS



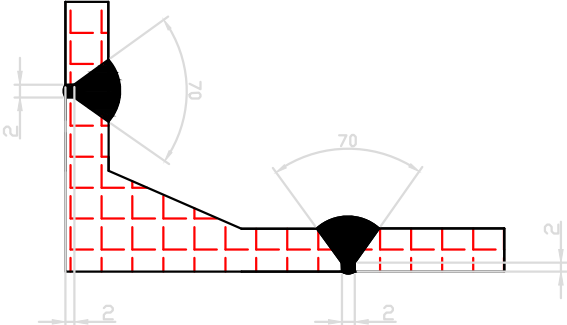
DETALLE SOLDADURA ENTRE VIROLA Y FONDO



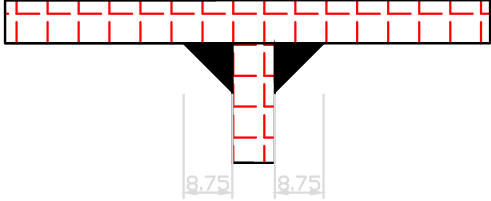
DETALLE SOLDADURA ENTRE VIROLA Y BOCA DE HOMBRE




DETALLE SOLDADURA ENTRE DEPOSITO Y BRIDA



DETALLE SOLDADURA ENTRE DEPOSITO Y SOPORTE



	Universidad politécnica de Cartagena	Dibujado:	Fecha	Nombre
		Comprobado:	12/11/2014	José Caravaca
		Visto bueno:		Federico Cerón
Escala	Proyecto diseño de una cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico. Plano de detalle de uniones soldadas.	Plano Nº: A-001-1-21		
S/E		Sustituye a:		
		Sustituido por:		

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**



**DOCUMENTO N° 4**

**PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN  
Y SOLDADURA**

**AUTOR: JOSÉ CARAVACA GARCÍA**

**TITULACIÓN: I.T.I. MECÁNICA**

**DIRECTOR: FEDERICO CERÓN DE LARA**

**ENERO 2015**

## **ÍNDICE PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN Y SOLDADURA**

4.- PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN Y SOLDADURA.....	128
4.1- Fases de fabricación y montaje.....	128
4.2.- Soldaduras. Procedimientos y técnica empleada. Certificación y cualificación.....	131
4.3.- Pliego de condiciones de seguridad.....	136

## **4.-PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN Y SOLDADURA.**

### **4.1-Fases de fabricación y montaje.**

La fabricación y el montaje del depósito cisterna se realizará siguiendo el siguiente orden establecido: en primer lugar se fabricarán y unirán todas las piezas que formen parte de la estructura del depósito, seguidamente se colocarán todos los elementos y sistemas de servicio y seguridades uniéndolos al cuerpo del depósito y finalmente se concluirá con el proceso de montaje, uniendo el depósito y sus elementos a los soportes o cunas sobre los que descansará.

#### **• Fabricación y montaje de los elementos estructurales de la cisterna.**

En primer lugar se llevará a cabo la fabricación de las virolas que constituirán el cuerpo de la cisterna. Se partirá de una plancha rectangular de acero inoxidable 316L de 5 mm de espesor y 1750 mm de largo por 4400 mm de ancho. Una vez cortada la plancha con las medidas adecuadas, se le efectuará un corte de sección circular de 250 mm de radio, dónde se soldará la boca de hombre. Seguidamente, se procederá a darle la forma elíptica introduciéndola en una laminadora, la cual, se programará para que cree una virola de sección elíptica cuyas dimensiones de sus ejes sean 1600 mm de ancho por 1200 mm de alto y se soldará.

El cuerpo del depósito estará constituido por 4 virolas idénticas entre sí, por tanto, la fabricación de todas ellas se llevará a cabo de idéntica manera.

Una vez fabricadas las 4 virolas del cuerpo del depósito, se procederá a su unión. La unión entre las virolas se llevará a cabo mediante soldadura a tope con penetración total del material de aporte. La soldadura utilizada será la TIG.

Para finalizar el proceso de fabricación del cuerpo del depósito se realizará un corte, en su parte inferior y a una distancia intermedia de la longitud total del cuerpo, de sección circular y 50 mm de radio dónde posteriormente se soldará la brida de la válvula de fondo.

El siguiente paso será el montaje de los rompeolas en el interior del cuerpo de virolas.

La fabricación de los rompeolas se llevará a cabo partiendo de una chapa de acero inoxidable 316L, la cual, será sometida a un proceso de conformado en frío para dotarla de un abombamiento con una profundidad de 100 mm. Cada rompeolas cubrirá al menos el 70% de la sección de la cisterna tal como indica el ADR 2013.

Una vez se tenga el rompeolas con la sección igual a la sección elíptica interior del cuerpo de virolas, 1590 mm de ancho por 1190 mm de alto, se le efectuará una serie de cortes de sección circular que permitan al líquido pasar de un compartimento a otro. Los rompeolas del diseño del proyecto se fabricarán con dos agujeros de 120 mm de radio situados a una distancia de 520 mm del fondo y separados entre sí por 510 mm. Además, llevarán 3 agujeros más de 70 mm de radio situados en sus partes inferiores y separados entre sí por 230 mm.

Una vez fabricados los rompeolas se procederá a su unión con el cuerpo del depósito. El depósito llevará 3 rompeolas situados a una distancia el uno del otro de 1750 mm, los cuales, se soldarán a todo el perímetro interior del depósito por ambas caras.

El último paso del proceso de fabricación y montaje de la estructura del depósito será la fabricación y unión de los fondos o cascos.

Para la fabricación de los fondos, se partirá de una plancha de 8 mm de espesor de acero inoxidable 316L, a la que se someterá a un proceso de conformado en frío para darle la forma ligeramente abombada del diseño de una profundidad de 340 mm. Las dimensiones de los fondos serán idénticas a las de la sección elíptica formada por el cuerpo de virolas, 1600 mm de ancho por 1200 mm de alto y presentarán un reborde en todo su perímetro de radio 200 mm. El fondo delantero se unirá a la primera virola del cuerpo de virolas.

Para la unión del fondo trasero se procederá de idéntica manera uniendo éste a la última virola del cuerpo de virolas.

#### **• Fabricación y montaje de los sistemas de servicio y seguridades.**

Una vez finalizado el proceso de fabricación de la estructura del depósito se procederá al montaje de todos los equipos de servicio y seguridades de que consta.

En primer lugar se procederá al montaje de los elementos situados en la parte superior.

Las bocas de hombre se unirán al depósito, una en cada agujero efectuado en cada virola en su parte central de radio 250 mm, mediante una soldadura en ángulo alrededor de todo su perímetro.

A continuación se unirá la cubeta de derrame. La cubeta de derrame se unirá al cuerpo del depósito en su parte superior abarcando en su interior las cuatro bocas de hombre. Las dimensiones de la cubeta serán de 7130 mm de longitud, 1000 mm de ancho y 320 mm de alto. La cubeta será de acero inoxidable 316L macizo.

El siguiente paso en el proceso de montaje será la unión de los elementos de protección contra vuelcos.

La cisterna dispondrá de dos protecciones colocadas en su parte superior y de manera transversal, una en la parte delantera y otra en la trasera, a una distancia de los extremos de 750 mm. Ambas irán soldadas al depósito.

Igualmente se procederá con la unión de las protecciones laterales.

Se montará a continuación la pasarela y la escalera uniéndolas al depósito con soldadura en ángulo.

Finalmente, se procederá al montaje de todos los sistemas de servicio: sistema de descarga, sistema de aire comprimido, conexiones eléctricas, toma de tierra, válvulas de fondo y de corte, elementos de seguridad, placas de peligro y marcado, patas telescópicas, etc.

#### **• Montaje del conjunto sobre los soportes.**

La última fase en el proceso constructivo de la cisterna será la unión de ésta con los soportes sobre los que descansará y la unión de estos al chasis del semirremolque.

En primer lugar se fabricarán los soportes sobre los que descansará la cisterna. Cada soporte tendrá unas dimensiones de 1300 mm de longitud, 270 mm de alto y 250 mm de ancho, con un radio de curvatura idéntico al del cuerpo de virolas, es decir, 800 mm. Cada soporte irá unido al cuerpo del depósito, en su parte trasera, a una distancia de 750 mm entre sí, colocándose el primero de los tres soportes a una distancia de 510 mm del extremo final del depósito.

A continuación se procederá a la colocación del soporte delantero, el cual, contendrá el elemento de unión entre la cisterna y el vehículo tractor, el King pin.

El soporte delantero tendrá unas dimensiones de 1400 mm de longitud, 1000 mm de ancho y 220 mm de alto, con un radio de curvatura en su cara superior de 800 mm. Se soldará al cuerpo del depósito, a una distancia de 300 mm de su extremo delantero, mediante soldadura en ángulo alrededor de todo su perímetro de la superficie de apoyo entre las dos partes.

Una vez realizado todo el montaje de la cisterna sobre sus soportes se procederá a su unión con el semirremolque que la transportará.

La unión de los soportes de la cisterna con el chasis del semirremolque se efectuará mediante tornillos, consiguiendo así que la cisterna se pueda desmontar del semirremolque.

#### 4.2-Soldaduras. Procedimientos y técnicas empleadas. Certificación y cualificación.

Las soldaduras que se van a efectuar durante el proceso de fabricación y montaje son:

- **Soldadura para la fabricación de cada virola:** se realizará soldando ambos extremos de la plancha ya conformada. La soldadura se efectuará a tope y con penetración total del material de aporte, el cual, será de la misma naturaleza que la plancha tal como se muestra en la siguiente imagen.

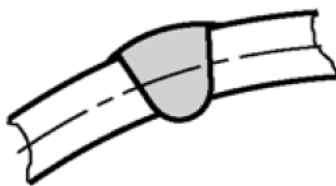


IMAGEN 1: Detalle de soldadura.

- **Soldadura para la unión de virolas:** se soldarán las 4 virolas entre sí. La soldadura se efectuará a tope y con penetración total del material de aporte tal como se muestra en la imagen siguiente;

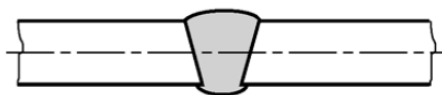


IMAGEN 2: Detalle de soldadura.

• **Soldadura para la unión de las virolas con los fondos:** se soldará el fondo delantero a la primera virola del cuerpo de virolas y el fondo trasero a la última virola. Al ser una soldadura que unirá dos elementos con distinto espesor se deberán cumplir las siguientes especificaciones:

- Los ejes de las dos partes a unir deberán estar dentro de las tolerancias especificadas en el apartado 7.5.1 de la Norma UNE-EN 13094;
- La inclinación máxima de la junta no deberá exceder de un tercio.

La soldadura se efectuará a tope y con penetración total del material tal como muestra la siguiente imagen;

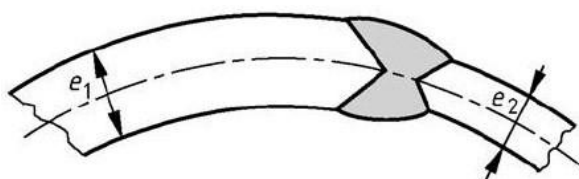


IMAGEN 3: Detalle de soldadura.

• **Soldadura para la unión de los rompeolas, bocas de hombre, soportes, cubetas de derrame, escalera, pasarela y protecciones:** estas soldaduras se efectuarán en ángulo y a todo alrededor de la superficie de unión de ambas partes en cada proceso particular;

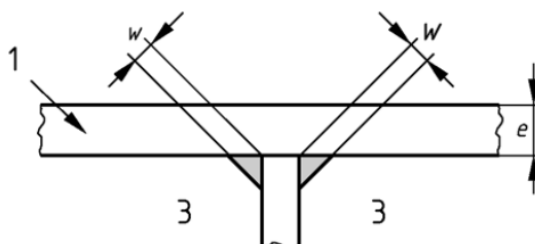


IMAGEN 4: Detalle de soldadura.



Las uniones soldadas anteriormente descritas, que se ejecutarán durante el proceso de fabricación y montaje, se efectuarán utilizando la técnica de soldadura con arco bajo gas protector con electrodo no consumible (TIG).

El proceso TIG (Tungsten Inert Gas) se usa ampliamente y es muy adecuado para soldar acero inoxidable. Un gas inerte (normalmente argón) se usa para proteger del aire al metal fundido de la soldadura. Si se necesita, se agrega metal de aporte en forma de alambre dentro del arco, bien manual o automáticamente. Mediante el proceso TIG se puede soldar materiales tan finos como algunas centésimas hasta espesores grandes, pero normalmente se usa hasta 1/4" (6.4 mm).

El tipo de corriente que se utiliza en esta técnica de soldadura es la corriente continua con electrodo negativo aunque en los procesos en los que se unen piezas de espesor muy fino se puede utilizar la corriente alterna.

Los electrodos utilizados serán los de tungsteno con un 2% de torio debido a sus excelentes propiedades de emisividad.

El material del que están formados todos los elementos que se van a soldar es el acero inoxidable 316L, que pertenece al grupo de aceros austeníticos.

Estos son los aceros inoxidables al cromo-níquel (tipo 3XX) y al cromo-níquel-manganeso (tipo 2XX). Son esencialmente no magnéticos en la condición de recocido y no endurecen por tratamiento térmico. El contenido total de níquel y cromo es de por lo menos el 23%. Se pueden trabajar fácilmente en caliente o en frío. El trabajo en frío les imparte una amplia variedad de propiedades mecánicas y, en esta condición, el acero puede llegar a ser ligeramente magnético. Son muy resistentes al impacto y difíciles de maquinar. De todos los aceros inoxidables, estos son los que tienen la mejor resistencia a elevadas temperaturas y a la formación de escamas. Su resistencia a la corrosión es mejor que la de los aceros martensíticos o ferríticos.

Debido a que el acero inoxidable se expande un 50% más que el acero al carbono y su conducción de calor es muy inferior, éste tiende a combarse o torcerse al ser soldado. Para evitar tal inconveniente se debe emplear la corriente de soldadura más baja posible o soldar a mayor velocidad. El uso de un respaldo de cobre ayudará mucho a disipar el calor y evitar las distorsiones.

Los procesos de soldadura se llevarán a cabo siguiendo los siguientes procedimientos:

- Se usarán electrodos con porcentaje extra bajos en carbono (0,03 máximo);
- Se limpiará cuidadosamente el área y las piezas a soldar para prevenir la inclusión de partículas de carbono en la soldadura. Se limpiarán las inclusiones de carbono en el cordón después de cada pasada;
- Se usarán electrodos con material de aporte de acero inoxidable 316L que hayan sido correctamente almacenados. La absorción de humedad por el revestimiento del electrodo puede provocar porosidad y grietas en el cordón de soldadura;
- Se usará el menor diámetro posible de electrodo para mantener al mínimo el aporte de calor;
- Se evitara la excesiva oscilación haciendo cordones delgados para obtener mejor calidad de soldadura y prevenir sobrecalentamientos;
- Se mantendrá el arco corto para mejorar el control direccional y evitar pérdidas de elementos de aleación. Un arco largo puede quemar el cromo y reducir así la resistencia a la corrosión;
- Se evitará el calor excesivo. Se usará el amperaje recomendado para el diámetro correspondiente del electrodo seleccionado;
- En aceros no estabilizados se minimizará el tiempo en que la temperatura de soldadura esté en el rango 400 – 900 °C. Si existe precipitación de carburos, se efectuará tratamiento térmico a temperaturas entre 1050° C y 1100° C para redissolverlos y después enfriar rápidamente en agua.


La realización de todas las uniones soldadas deberá ser ejecutada por un soldador cualificado, con el fin de asegurar la calidad en la ejecución de las soldaduras. El soldador tendrá que estar preparado y obtener el certificado que lo acredite como apto para el desempeño de dichos trabajos.

Para ello, deberá pasar por una prueba de calificación en soldadura, tal como indica la ASME.


La verificación de la calidad de las soldaduras se llevará a cabo mediante radiografías o por ultrasonidos. También se efectuarán otras pruebas destructivas que complementen a las anteriores y aseguren el cumplimiento de las especificaciones de diseño.

A continuación se adjunta un ejemplo de certificado de homologación de un soldador.

**DISEÑO DE UN DEPÓSITO CISTERNA PARA EL TRANSPORTE DE ÁCIDO SULFÚRICO. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN Y SOLDADURA.**

 <b>CERTIFICADO DE CUALIFICACION DEL SOLDADOR</b> CERTIFICATE OF WELDER QUALIFICATION																									
<b>Nº 11-068-END-VA-WQ-05 Rev.00</b> (UNE-EN 287)																									
<b>Designación:</b> Position	EN 287-1, 141, P, BW, 1.1, s, t3,5, PA, bs																								
<b>WPS del fabricante:</b> WPS of Manufacturer	FEM-SOL-A-03																								
<b>Nombre del soldador:</b> Welder's Name	GILBERTO VARGAS RODAS (S-1)																								
<b>Identificación y método de identificación:</b> Identification and identification method	X-9.914.270-M																								
<b>Fecha y lugar de nacimiento:</b> Date and place of birth	-----																								
<b>Empresa:</b> Company	CONSTRUCCIONES MECANICAS MECOVAL, S.L.																								
<b>Fecha de soldado:</b> Date of weld	15 de Marzo de 2011																								
<b>Evaluación de conocimientos:</b> Evaluation	NO EXAMINADO																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Detalles de la prueba Test details</th> <th>Rango de la cualificación Qualification Range</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proceso de soldado Welding process</td> <td>141</td> </tr> <tr> <td>Chapa o tubo Plate or Pipe</td> <td>P, T (D ≥ 150)</td> </tr> <tr> <td>Tipo de unión Joint type</td> <td>BW, FW</td> </tr> <tr> <td>Posición de soldado Welding Position</td> <td>PA, PB</td> </tr> <tr> <td>Metal de aportación/designación Filler Metal</td> <td>s (varilla maciza) AWS-SFA 5.18-ER70S-6</td> </tr> <tr> <td>Gases de protección Protective Gas</td> <td>INERTE (I1) ARGON</td> </tr> <tr> <td>Elementos auxiliares Additional elements</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Espesor del cupón de prueba (mm) Thickness of the test piece</td> <td>De 3,5 a 7 mm</td> </tr> <tr> <td>Diámetro exterior del tubo (mm) Outside diameter</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Grupo (s) de metal base Base material group</td> <td>1.1, 1.2, 1.4</td> </tr> <tr> <td>Resanado/Respaldo Grinding/Backing</td> <td>bs // para FW sl</td> </tr> </tbody> </table>	Detalles de la prueba Test details	Rango de la cualificación Qualification Range	Proceso de soldado Welding process	141	Chapa o tubo Plate or Pipe	P, T (D ≥ 150)	Tipo de unión Joint type	BW, FW	Posición de soldado Welding Position	PA, PB	Metal de aportación/designación Filler Metal	s (varilla maciza) AWS-SFA 5.18-ER70S-6	Gases de protección Protective Gas	INERTE (I1) ARGON	Elementos auxiliares Additional elements	---	Espesor del cupón de prueba (mm) Thickness of the test piece	De 3,5 a 7 mm	Diámetro exterior del tubo (mm) Outside diameter	---	Grupo (s) de metal base Base material group	1.1, 1.2, 1.4	Resanado/Respaldo Grinding/Backing	bs // para FW sl
Detalles de la prueba Test details	Rango de la cualificación Qualification Range																								
Proceso de soldado Welding process	141																								
Chapa o tubo Plate or Pipe	P, T (D ≥ 150)																								
Tipo de unión Joint type	BW, FW																								
Posición de soldado Welding Position	PA, PB																								
Metal de aportación/designación Filler Metal	s (varilla maciza) AWS-SFA 5.18-ER70S-6																								
Gases de protección Protective Gas	INERTE (I1) ARGON																								
Elementos auxiliares Additional elements	---																								
Espesor del cupón de prueba (mm) Thickness of the test piece	De 3,5 a 7 mm																								
Diámetro exterior del tubo (mm) Outside diameter	---																								
Grupo (s) de metal base Base material group	1.1, 1.2, 1.4																								
Resanado/Respaldo Grinding/Backing	bs // para FW sl																								

Tipo de ensayo Type of test	Resultado Result	Nº Certificado Certificate nº	Persona u Organismo Examinador: (Person or Examining body) <b>Servicios de Control e Inspección S.A.</b>
Visual (Visual)	ACEPTABLE	SIN INFORME	 Fdo. (Signed): <b>Juan C. Ferrero Taberner</b> Lugar y fecha emisión: <b>Valencia 15/03/11</b> (Place and date of release) Validez de la cualificación: <b>15/03/13</b> (Qualification validity)
Radiográfico (Radiography)	----	----	
Ultrasonidos (Ultrasonics test)	----	----	
Partículas Magnéticas (Magnetic Particles)	----	----	
Líquidos Penetrantes (Liquid Penetrant)	----	----	
Macrografía (Macrography)	----	----	
Fractura (Fracture)	----	----	
Doblado (Bend)	ACEPTABLE	11-068-END-VA-VR-05	

RENOVACION DE LA CUALIFICACION POR LA EMPRESA O POR SU COORDINADOR PARA LOS 6 MESES SIGUIENTES RENEWAL OF THE QUALIFICATION FOR THE COMPANY OR ITS COORDINATOR FOR THE FOLLOWING 6 MONTHS			RENOVACION DE LA CUALIFICACION POR LA PERSONA U ORGANISMO EXAMINADOR PARA LOS DOS AÑOS SIGUIENTES RENEWAL OF THE QUALIFICATION FOR THE PERSON OR EXAMINING BODY FOR THE FOLLOWING TWO YEARS		
FECHA (Date)	FIRMA (Signed)	CARGO/TITULACION (Post)	FECHA (Date)	FIRMA (Signed)	CARGO/TITULACION (Post)

Formato 085 Rev.4  
FORMAT

FORMATO PROPIEDAD DE S.C.I. S.A., PROHIBIDA SU REPRODUCCION  
This format is the property of S.C.I. S.A., its reproduction is prohibited

Hoja 1 de 1  
Page

### 4.3-Pliego de condiciones de seguridad.

Los procesos de soldadura que se ejecutarán durante la fabricación y el montaje de la cisterna, se efectuarán cumpliendo estrictamente con el sig 133 pliego de condiciones de seguridad.

#### **-Protección personal.**

Se utilizará todo el equipamiento de protección necesario para el trabajo de soldadura. El equipamiento personal constará de:

- **Máscara de soldar:** protege los ojos, la cara y el cuello y debe estar provista de filtros inactivos de acuerdo al proceso e intensidad de corrientes empleadas;
- **Gautes de cuero:** de tipo mosquetero con costura interna para proteger las manos y las muñecas;
- **Delantal de cuero:** para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco;
- **Polainas y casaca de cuero:** estos aditamentos se usarán cuando se ejecute una soldadura en posiciones vertical y sobre cabeza, con el fin de evitar las graves quemaduras que pueden causar las salpicaduras de metal fundido;
- **Zapatos de seguridad:** cubrirán los tobillos para evitar el atrape de salpicaduras;
- **Gorro:** protege el cabello y el cuero cabelludo;
- Además, se evitará tener en los bolsillos cualquier material inflamable como fósforos, mecheros o papel celofán;
- No se usará ropa de material sintético, se usará ropa de algodón.

#### **-Seguridad para la instalación y operación de la máquina soldadora.**

Antes de usar la máquina de soldar al arco deben guardarse ciertas precauciones, conocer bien su manejo, su operación, sus accesorios y las herramientas adecuadas. Para ejecutar el trabajo de soldadura con seguridad se seguirán las siguientes reglas.

- La instalación eléctrica del equipo será realizada sólo por personal cualificado para tal tarea;
- No se instalará o colocará el equipo cerca o sobre superficies combustibles o atmósferas inflamables;

- No se sobrecargará el cableado de la instalación eléctrica;
- Se respetará el ciclo de trabajo que requiera el equipo para permitir su enfriamiento;
- El periodo de trabajo continuo del equipo dependerá del amperaje utilizado;
- Se revisará cuidadosamente el automático y el circuito de alimentación;
- Se cubrirán los bornes de la máquina de soldar;
- Se asegurará que el cable de soldadura posea la sección y las características necesarias para conducir la corriente que se requiere, no se utilizarán cables en mal estado o inadecuados;
- Se desconectará la energía eléctrica cuando se realice la conexión del enchufe del equipo a la fuente de energía;
- Nunca se operará con una máquina que no posea su línea a tierra;
- Nunca se cambiará el selector de polaridad si la máquina está operando, si la máquina carece de este selector, el cambio de polaridad se efectuará cuando la máquina no esté energizada;
- En máquinas con dos o más escalas de amperaje no se efectuarán cambios de rango cuando se esté soldando;
- Cuando no está en uso, el porta electrodos nunca se dejará encima de la mesa o en contacto con cualquier otro objeto que tenga una línea directa a la superficie donde se suelda, ya que, se puede producir un corto circuito.

### **-Seguridad en operaciones de soldadura.**

Las condiciones ambientales que se tienen que tener en cuenta a la hora de los procesos de soldadura serán: riesgo de incendio, ventilación y humedad.

Las medidas prácticas que se tomarán para minimizar al máximo el riesgo de incendio serán:

- Nunca se soldará cerca de líquidos inflamables, gases, vapores, metales en polvo o polvos combustibles;
- Cada estación de soldadura será separada, en la medida de lo posible, mediante pantallas o protecciones incombustibles y contar con una instalación de extracción forzada;
- Los equipos de soldar se inspeccionarán periódicamente y la frecuencia de control se documentará para garantizar que se encuentren en condiciones de operación segura;
- Se dispondrá siempre de un extintor cerca del área de trabajo.

La ventilación del lugar de trabajo será la adecuada en función de los trabajos de soldadura a realizar. Una ventilación insuficiente expone al operario al riesgo de contraer enfermedades.

El operario nunca trabajará estando situado sobre charcos o sobre suelo húmedo, como tampoco trabajará en un lugar con alta humedad. Deberá conservar sus manos, su vestimenta y su lugar de trabajo continuamente secos.



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**



**DOCUMENTO N° 5**

**INSPECCIONES, ENSAYOS Y PRUEBAS**

**AUTOR: JOSÉ CARAVACA GARCÍA**

**TITULACIÓN: I.T.I. MECÁNICA**

**DIRECTOR: FEDERICO CERÓN DE LARA**

**ENERO 2015**



## **ÍNDICE INSPECCIONES ENSAYOS Y PRUEBAS**

5.- INSPECCIONES, ENSAYOS Y PRUEBAS.....	142
5.1.- Inspecciones, ensayos y pruebas previas a la puesta en marcha.....	142
5.2.- Inspecciones, ensayos y pruebas periódicos.....	143
5.3.- Inspecciones, ensayos y pruebas intermedias.....	145
5.4.- Inspecciones, ensayos y pruebas excepcionales.....	146
5.5.- Inspecciones anuales de los vehículos.....	146

## **5.-INSPECCIONES, ENSAYOS Y PRUEBAS.**

El proceso de diseño y construcción de un depósito cisterna concluye con la realización, antes de su puesta en funcionamiento, de una serie de inspecciones, pruebas y ensayos a todos los elementos de servicio y al propio depósito, con el fin de verificar que todos los elementos, dispositivos y conexiones del conjunto funcionen correctamente, cumpliendo con las tareas para las que fueron diseñados, dentro de unas condiciones de seguridad. Además, periódicamente se realizarán una serie de inspecciones y pruebas para asegurar el mantenimiento adecuado de la cisterna, sus equipos y conexiones.

### **5.1-Inspecciones, ensayos y pruebas previas a la puesta en marcha.**

Para la realización de todas las inspecciones, pruebas y ensayos se seguirán las especificaciones recogidas en el ADR 2013. El depósito y sus servicios se someterán, bien en conjunto o por separado, a un control inicial previo a su puesta en servicio. Este control comprenderá los siguientes aspectos:

- Verificación de la conformidad con el tipo autorizado;
- Verificación de las características de construcción;
- Examen del estado interior y exterior;
- Prueba de presión hidráulica a la presión de prueba indicada en la placa de marcado colocada en algún punto de fácil acceso en el depósito. En casos particulares, y con la conformidad del perito autorizado por la autoridad competente, se podrá sustituir el ensayo de presión hidráulica por un ensayo por medio de otro líquido o un gas, siempre que esta operación no ofrezca peligro;
- Prueba de estanqueidad y verificación del buen funcionamiento del equipo.

La presión de prueba de presión hidráulica dependerá de la presión de cálculo y será como mínimo igual al valor de ésta última según la conformidad recogida en el ADR 2013.

Para el diseño del proyecto, el valor de la presión de cálculo será de 4 bares, según indica el ADR 2013 para el tipo de cisterna y la sustancia que nos ocupa (ácido sulfúrico). La presión de prueba elegida para el diseño de la cisterna será pues de 4 bares.

La prueba de presión hidráulica se efectuará sobre el conjunto del depósito y por separado en cada compartimento de depósitos compartimentados.

La prueba se efectuará en cada compartimento, en el caso de que estuviera la cisterna compartimentada, a una presión como mínimo igual a 1.3 veces la presión máxima de servicio.

Si el depósito y sus equipos hubieran sido probados por separado, el conjunto deberá someterse después de su ensamblaje a una prueba de estanqueidad según especifica el ADR 2013.

## **5.2-Inspecciones, ensayos y pruebas periódicos.**

El depósito y sus equipos deberán someterse a controles periódicos como máximo cada seis años.

La persona responsable de la inspección tendrá la cualificación en el campo de vehículos y contenedores para mercancías peligrosas de acuerdo con el procedimiento PGG-DC-13C, además de las exigencias que pudieran ser establecidas para tal actuación en la Comunidad Autónoma donde actúe.

El inspector reunirá los requisitos que la reglamentación vigente establezca en lo referido a Organismos de Inspección y Control en cuanto a incompatibilidades, independencia y confidencialidad (R.D.2200/1995 Art 42).

Los equipos mínimos necesarios para la realización de las inspecciones y pruebas a las que afecta este procedimiento son, según los casos:

- Medidor de espesores por ultrasonidos DM2;
- Equipo de gammagrafía;
- Equipo de líquidos penetrantes o partículas magnéticas;
- Manómetro patrón;
- Explosímetro;
- Pulverizador de agua jabonosa;
- Cinta métrica;
- Troqueles y precintadora.

Estos controles periódicos comprenderán:

- Un examen del estado interior y exterior;
- Una prueba de estanqueidad, de acuerdo con el ADR 2013, del depósito con sus equipos y una verificación del funcionamiento correcto de todo el equipo;
- Y como regla general, una prueba de presión hidráulica para la presión de prueba aplicable a los depósitos y compartimentos.

### **-Inspección interior.**

Antes de la inspección interior, el inspector comprobará que la cisterna está limpia y en los casos en que haya transportado materias que desprendan vapores inflamables o gases tóxicos, se asegurará que se ha comprobado con explosímetro o detector de gases que la atmósfera es segura. Esta comprobación deberá ser avalada mediante un certificado por parte del responsable que haya efectuado la limpieza.

Durante la inspección interna se comprobará el estado de los rompeolas y de las soldaduras y se aprovechará para medir los espesores, que en ningún caso deben ser menores que los de cálculo.

### **-Inspección exterior.**

Durante la inspección exterior se completará la toma de espesores realizada en la inspección interior, se comprobará el funcionamiento de los equipos y se verificará el estado de los anclajes de la cisterna.

Así mismo, se inspeccionarán las soldaduras de las tuberías.

### **-Prueba de estanqueidad.**

La prueba de estanqueidad se realizará con agua a la presión máxima de servicio. Si la presión de servicio está comprendida entre 0 y 0.2 bares, la prueba de estanqueidad se hará a 0.2 bares que es el mínimo que marca el ADR 2013.

Posteriormente a esta prueba, con la cisterna vacía y limpia, se realizará otra prueba de estanqueidad con aire o gas inerte a una presión de 0.2 bares y con todos los equipos montados, excepto las válvulas de aireación, y en las cisternas de menos de 0.5 bares de presión de cálculo, en las que se utilizará una brida ciega como cierre de los orificios de las válvulas de alivio de presión. A

continuación se comprobará con agua jabonosa que las bocas de hombre, válvulas de fondo, válvulas de seguridad, bridas, etcétera, no presentan fugas.

### **-Prueba hidráulica a la presión de prueba.**

Una vez colocadas unas bridas ciegas en el lugar de las válvulas de seguridad, válvulas de aireación y discos de ruptura según el caso, se realizará una prueba de presión con agua, a la presión de prueba, al conjunto de la cisterna y a una presión de 1.3 veces la de servicio. Podrá realizarse con otro fluido cuando la prueba no ofrezca peligro y previa aprobación de la autoridad competente.

En cisternas calorifugadas no será necesario levantar el calorifugado a no ser que sea imprescindible para poder evaluar el resultado de la prueba.

## **5.3-Inspecciones, ensayos y pruebas intermedias.**

El depósito y sus equipos deberán someterse a controles intermedios como mínimo cada tres años después del control inicial y de cada control periódico. Estos controles intermedios se pueden llevar a cabo en el plazo de tres meses antes o después de la fecha especificada.

Si se lleva a cabo un control intermedio más de tres meses antes de la fecha prevista, se realizará otra inspección intermedia como muy tarde tres años después de dicha fecha.

Estos controles intermedios incluirán una prueba de estanqueidad del depósito con sus equipos y una verificación del funcionamiento correcto de todo el equipo.

Para ello, la cisterna deberá someterse a una presión efectiva interior al menos igual a la presión máxima de servicio. Para la cisterna del proyecto, cuando la prueba se efectúe por medio de un gas, la prueba de estanqueidad se efectuará a una presión al menos igual al 25 % de la presión máxima de servicio. En cualquier caso, esta presión no podrá ser inferior a 0.2 bar (presión manométrica).

Para las cisternas provistas de dispositivos de respiración y de un dispositivo adecuado para impedir que el contenido se vierta al exterior en caso de vuelco de la cisterna, la presión de prueba de estanqueidad será igual a la presión estática de la materia de llenado.

En los depósitos divididos en compartimentos, la prueba de estanqueidad se efectuará por separado para cada compartimento.

#### **5.4-Inspecciones, ensayos y pruebas excepcionales.**

Cuando la seguridad de la cisterna o de los equipos pudiera haber resultado afectada a causa de una reparación, una modificación o un accidente, se efectuará un control excepcional. Si se ha realizado un control excepcional que cumpla las disposiciones del ADR 2013, entonces se podrá considerar dicho control excepcional como control periódico. Si se ha realizado un control excepcional que cumpla las disposiciones del ADR 2013, entonces se podrá considerar dicho control excepcional como control intermedio.

Las pruebas, controles y verificaciones de acuerdo con el ADR 2013, se realizarán por el perito aprobado por la autoridad competente. Se expedirán certificados que recojan el resultado de tales operaciones, incluso en caso de resultados negativos. En estos certificados, figurará una referencia a la lista de materias autorizadas para su transporte en la cisterna de referencia, o al código cisterna y los códigos alfanuméricos de las disposiciones especiales, de acuerdo con el ADR 2013.

#### **5.5-Inspecciones anuales de los vehículos.**

Todos los vehículos se someterán a inspecciones periódicas cada año. Durante las inspecciones anuales de vehículos, tanto de cabezas tractoras, semirremolques, remolques, etcétera, que van a transportar mercancías peligrosas, se ha de verificar el cumplimiento de los requerimientos aplicables establecidos en el apartado 9 del ADR 2013, en función del tipo de vehículo.

Las inspecciones a realizar son las que se recogen en los documentos de inspección V1 y V2 del apéndice E-15 del anexo VI del RD 97/2014.

Cuando esta inspección sea positiva se prorrogará el certificado ADR por la parte posterior con la localidad, fecha, nombre del inspector, firma y fecha de la próxima inspección. Además el transportista deberá demostrar que el vehículo cumple con las prescripciones exigidas por la ITV.

**-Diagrama de flujo para cisternas:** a continuación se adjunta el diagrama de flujo que representa los pasos a seguir para la obtención de la documentación y el certificado ADR de una cisterna.

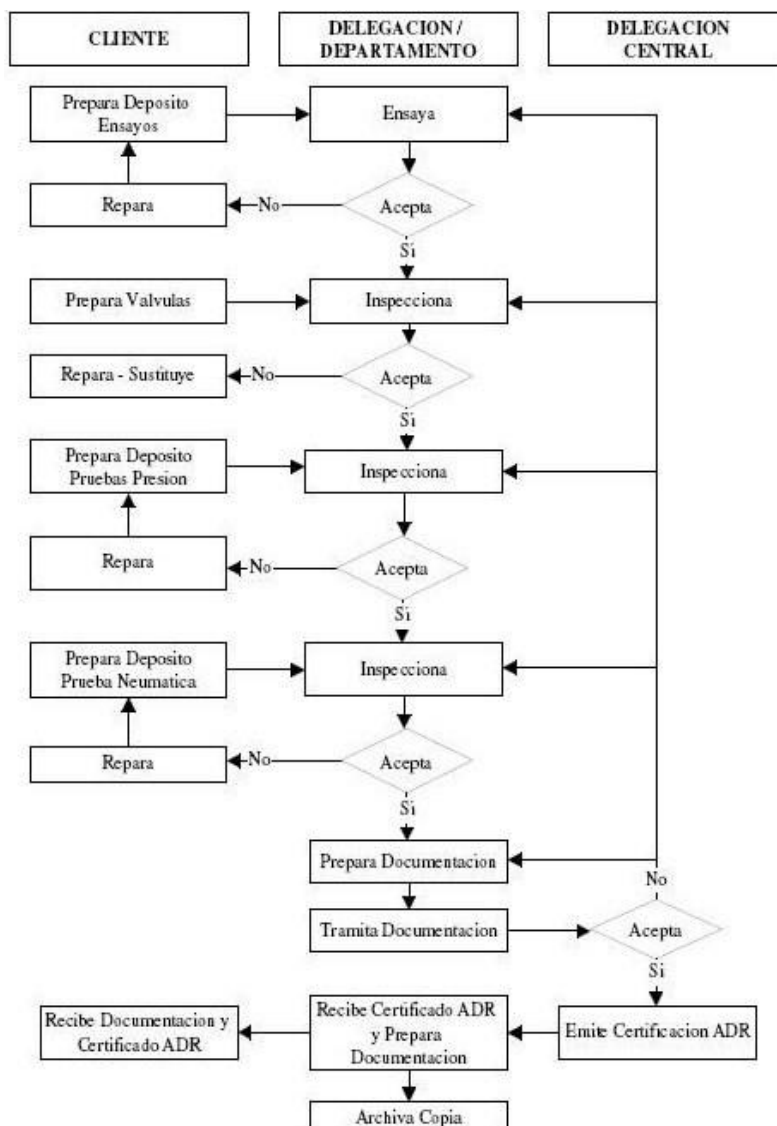


IMAGEN 1: Diagrama de flujo.

**-Diagrama de flujo para vehículos:** a continuación se adjunta el diagrama de flujo que representa los pasos a seguir para la obtención de la documentación y certificado ADR de vehículos.

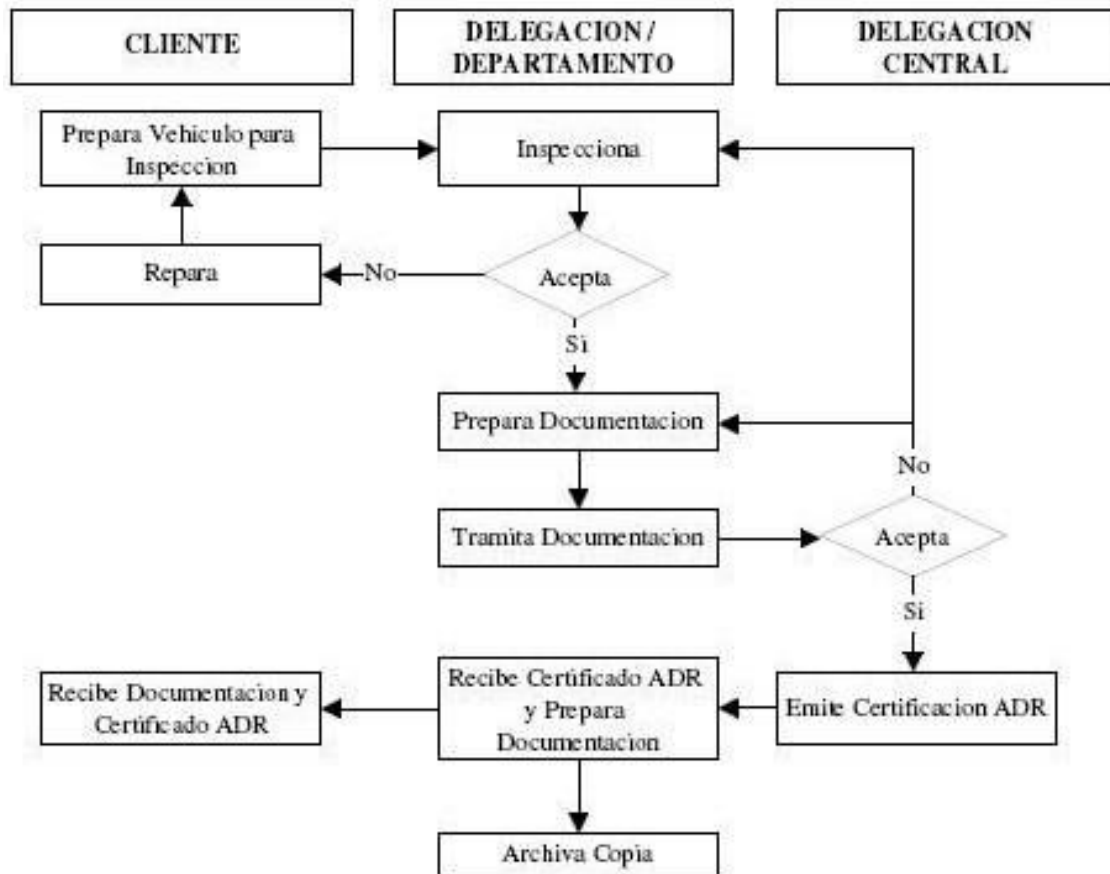


IMAGEN 2: Diagrama de flujo.





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**



**DOCUMENTO N° 6**

**DOCUMENTACIÓN Y CERTIFICACIÓN**

**AUTOR: JOSÉ CARAVACA GARCÍA**

**TITULACIÓN: I.T.I. MECÁNICA**

**DIRECTOR: FEDERICO CERÓN DE LARA**

**ENERO 2015**

## **ÍNDICE DOCUMENTACIÓN Y CERTIFICACIÓN**

6.- DOCUMENTACIÓN Y CERTIFICACIÓN.....	152
--	-----

## 6.-DOCUMENTACIÓN Y CERTIFICACIÓN.

Los procesos de inspecciones, ensayos y pruebas a los que se tendrá que someter una cisterna antes, durante y después de su puesta en uso, realizados en conformidad con el ADR 2013, se certificarán mediante una serie de documentos, generados por los propios organismos de control, específicos para cada caso.

Estos documentos, incluidas las actas negativas, serán archivados y custodiados por el organismo de control durante un plazo no inferior a diez años o hasta la fecha de caducidad del documento, si esta fuera superior a diez años. Estarán, en todo momento, a disposición del órgano competente de la Comunidad Autónoma donde se ha realizado la actuación. No obstante, será remitida copia al órgano competente de la Comunidad Autónoma, en la forma que éste disponga, en los siguientes casos:

a) Certificación de prototipo de cisternas por duplicado:

- Certificado de conformidad con los requisitos reglamentarios;
- Documento H especial (apéndice E-7);
- Documento de clase (apéndice E-8).

b) Inspección, durante la construcción en todas sus fases, de la cisterna:

- Acta de conformidad de las uniones soldadas (apéndice E-9);
- Informe radiográfico (apéndice E-22);
- Croquis radiográfico (apéndice E-23);
- Acta de conformidad de los materiales (apéndice E-10);
- Informe de inspección por ultrasonidos y partículas magnéticas (E-24);
- Acta de ensayo de tracción de las probetas.

c) Inspección inicial, antes de la puesta en servicio, de la cisterna:

- Acta de conformidad de la cisterna con el tipo;

- Certificado de prueba de estanqueidad (apéndice E-18);
- Certificado de prueba de presión hidráulica (apéndice E-19);
- Acta de prueba volumétrica (apéndice E-12);
- Certificado de calibración de válvulas de seguridad y prueba de válvulas de aireación (apéndice E-13);
- Documento H especial (apéndice E-7);
- Documentos G (apéndice E-14);
- Documentos V1 y V2 y acta de cumplimiento reglamentario (apéndice E-25);
- Documentos de clase (apéndice E-8);
- Ficha técnica (apéndice E-20);
- Fotocopia o fotografía de la placa de características de la cisterna.

d) Inspecciones periódicas de las cisternas:

- Acta de inspección periódica de la cisterna (apéndice E-15);
- Certificado de prueba de estanqueidad (apéndice E-18);
- Certificado de prueba de presión hidráulica si procede (apéndice E-19);
- Certificado de calibración de válvulas de seguridad y pruebas de válvulas de aireación (apéndice E-13);
- Acta de ensayos no destructivos, para la clase 2 (apéndice E-24);
- Otras actas de prueba reglamentariamente exigidas;
- Documentos G (apéndice E-14);
- Documentos V1 y V2 y acta de cumplimientos del vehículo cisterna (apéndice E-25);
- Documentos de clase (apéndice E-8);
- Ficha técnica de la cisterna (apéndice E-20);

- Fotocopia o fotografía de la placa de características de la cisterna.

e) Inspecciones excepcionales, en los casos en que sean debidos a accidentes, por duplicado:

- Informe previo a la modificación o reparación de la cisterna;
- Acta de inspección de la cisterna tras su modificación o reparación (apéndice E-17);
- Certificado de prueba de estanqueidad (apéndice E-18);
- Certificado de prueba de presión hidráulica (apéndice E-19);
- Acta de prueba volumétrica (apéndice E-12);
- Certificado de calibración de las válvulas de seguridad y prueba de las válvulas de aireación (apéndice E-13);
- Documento H especial (apéndice E-7);
- Documentos G (apéndice E-14);
- Documentos V1 y V2 y acta de cumplimiento reglamentario (apéndice E-25, parte I);
- Documentos de clase (apéndice E-8);
- Ficha técnica (apéndice E-20);

El órgano competente de la Comunidad Autónoma remitirá a la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, con el fin de realizar un seguimiento nacional de los daños producidos por los accidentes ocurridos en cisternas que transportan mercancías peligrosas, una copia firmada y sellada de la documentación relacionada en el apartado ‘e’ anteriormente descrito.

A continuación se adjunta una copia de todos los documentos originados tras un proceso de inspección, ensayo o prueba de una cisterna diseñada para el transporte por carretera de materiales peligrosos.

**APÉNDICE E.6**

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS REGLAMENTARIOS DE UN TIPO DE ..... PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA	CERTIFICADO N.º  
--	-------------------------

NÚMERO DE CONTRASEÑA DE TIPO: .....

ORGANISMO DE CONTROL: .....

TIPO DE VEHÍCULO:

EMPRESA FABRICANTE:

CERTIFICACIÓN: .....

Tipo: .....

Marca: ..... Modelo: .....

Volumen total en m³: ..... Presión de servicio en bar: .....

CÓDIGO DE CISTERNA, VEHÍCULO BATERÍA O C.G.E.M.

MATERIA QUE PUEDE TRANSPORTARSE: (se recogen más materias en anexo a este documento)

N.º ONU	Clase	Grupo de embalaje	Designación oficial de transporte
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

.....(el equipo de transporte) ..... cumple con las siguientes disposiciones especiales relativas a la construcción (TC), a los equipos (TE) y de aprobación de tipo (TA).

Estudiado el proyecto correspondiente a la cisterna, vehículo batería o C.G.E.M arriba referenciado y vista la reglamentación correspondiente, y especialmente el ADR y Normas de Construcción y Ensayo de cisternas, actualmente en vigor, este organismo de control CERTIFICA que este tipo cisterna, vehículo batería o C.G.E.M. cumple con la reglamentación vigente para su aprobación.

El Proyecto presentado, visado por el Colegio Oficial de ....., con el número ..... de fecha ....., consta de la documentación siguiente, la cual ha sido sellada por este organismo:

- ☐ Memoria con cálculos justificativos.
- ☐ Equipos de servicios y estructurales.
- ☐ Proceso de Fabricación y Procedimiento de Soldadura.
- ☐ Materias o grupos de materias autorizadas.
- ☐ Planos n.º

Anejo a este certificado, con el número de Contraseña de Tipo y sellados por este organismo están:

- ☐ Ficha técnica de la cisterna, vehículo batería o CGEM o Plano General n.º:
- ☐ Documento H (INFORME DE INSPECCIÓN PARA HOMOLOGACIÓN).
- ☐ Documento de Clase (INSPECCIÓN ESPECÍFICA PARA LA CLASE 2 (Apéndice 3.8 - clase 2) O PARA LAS CLASES 3 a 9 (Apéndice 3.8 - clases 3 a 9)).
- ☐ Relación de variaciones que se admiten en la cisterna, vehículo batería o CGEM que se construyan en serie en conformidad con este tipo y con lo que permite el ADR en su apartado 8.8.2.3.1.

En ..... a ..... de ..... de 20 .....

EL DIRECTOR TÉCNICO DEL ORGANISMO DE CONTROL

**OBSERVACIONES**

- Las características de construcción de las cisternas, vehículo batería o CGEM que se fabriquen, corresponderán con las que figuran en este certificado, sus anexos y proyecto referenciado.
- La conformidad de la producción se comprobará por el procedimiento establecido en la reglamentación vigente.
- Este certificado perderá su validez si se comprueba que las características de producción no coinciden con las del tipo aprobado.
- Solamente se podrán transportar las materias que no sean susceptibles de reaccionar peligrosamente con los materiales del depósito, las juntas, los equipamientos y los revestimientos protectores, si fuera aplicable.



**APÉNDICE E.7**

<b>DOCUMENTO DE INSPECCIÓN PARA APROBACIÓN DE TIPO DE CISTERNA, VEHÍCULO-BATERÍA O C.G.E.M</b>					<b>H</b>
Este documento se complementa con los documentos de Clase					
<b>A) Datos del organismo de control</b>					
Código del organismo de control <input style="width: 150px;" type="text"/>			Fecha del informe <input style="width: 150px;" type="text"/>		
Número de Acta/Informe <input style="width: 200px;" type="text"/>					
<b>B) Datos del fabricante</b>					
N.º Fabricante <input style="width: 100px;" type="text"/>		Sucursal <input style="width: 300px;" type="text"/>			
Fabricante (Nombre completo):					
Dirección completa de la fábrica:					
<b>C) Datos de la cisterna, vehículo-batería o C.G.E.M.:</b>					
Tipo <input style="width: 50px;" type="text"/>		Denominación del tipo: <input style="width: 400px;" type="text"/>			
Plano general: <input style="width: 550px;" type="text"/>					
Número Aprobación de Tipo: <input style="width: 400px;" type="text"/>					
Fecha de Aprobación de Tipo: <input style="width: 400px;" type="text"/>					
<b>D) Características técnicas</b>					
Presión de cálculo bar	Presión de prueba bar	P. Máxima servicio bar	P. Llenado/vaciado bar	P. estática bar	
Material de la envolvente: <input style="width: 150px;" type="text"/> Denominación material: <input style="width: 250px;" type="text"/>					
Carga de rotura (Rm): <input style="width: 100px;" type="text"/> N/mm <sup>2</sup> Línea elástico (Re): <input style="width: 100px;" type="text"/> Alargamiento <input style="width: 100px;" type="text"/>					
Temperatura de diseño: <input style="width: 50px;" type="text"/> °C. Coeficiente de soldadura <input style="width: 50px;" type="text"/> Aislamiento térmico: <input style="width: 50px;" type="text"/> Cámara de vacío: <input style="width: 50px;" type="text"/>					
Diámetro equivalente: <input style="width: 50px;" type="text"/> mm. Forma envolvente: <input style="width: 50px;" type="text"/> Vol. máx. de la cisterna: <input style="width: 150px;" type="text"/>					
Compartimentos Vol. < 5.000 l. Vol. del mayor compartimento: <input style="width: 100px;" type="text"/> Radio Máx. Curvatura: <input style="width: 100px;" type="text"/> mm.					
Espesores mínimos:      Virolas                      Fondos                      Mamparos                      Rompeolas					
<input style="width: 80px;" type="text"/> mm. <input style="width: 80px;" type="text"/> mm. <input style="width: 80px;" type="text"/> mm. <input style="width: 80px;" type="text"/> mm.					
Espesores calculados según <input style="width: 50px;" type="text"/> Código de diseño/Norma técnica: <input style="width: 250px;" type="text"/>					
Código del vagón-cisterna según el apartado 4.3.3.1 o 4.3.4.1 del ADR: <input style="width: 250px;" type="text"/>					
Se adjunta      Proyecto: <input type="checkbox"/> Planos: <input type="checkbox"/>					
Solamente se podrán transportar las materias que no sean susceptibles de reaccionar peligrosamente con los materiales del depósito, las juntas, los equipamientos y los revestimientos protectores (si fuera aplicable)					
....., certifica que el proyecto de la cisterna, vehículo-batería y C.G.E.M anteriormente indicados, cumple con lo especificado en el ADR y este real decreto, y Normas de Construcción y Ensayos de Cisternas S/O.M de 20.09.1985 y modificaciones posteriores en lo que no contradigan el ADR.					
En....., a ..... de ..... de 20....					
EL FABRICANTE			EL ORGANISMO CONTROL		
Sello, Fecha y Firma			Sello, Fecha y Firma		



DOCUMENTO DE INSPECCIÓN PARA APROBACIÓN DE TIPO		H
Este documento se complementa con los documentos de Clase		A1
El informe corresponde a:		
Organismo de control:		Número de Acta/Informe:
		(s) (n)
E	Requerimiento de carácter general de construcción de las cisternas, vehículo-batería, o CGEM.	
6.8.2.1.18	Los depósitos cumplen los espesores mínimos establecidos en el ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.1.26	Se cumple lo dispuesto en el ADR respecto al diseño de los depósitos y los revestimientos de protección no metálicos, interiores en cuanto al peligro de inflamación debido a cargas electrostáticas.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.1.27	Existe una toma de tierra claramente identificada y capaz de ser conectada eléctricamente.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.2.1	Se cumplen las prescripciones del ADR en equipos de la cisterna.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.2.4	El depósito y sus compartimentos tienen aberturas de inspección.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.2.9	Se cumple lo prescrito en el ADR respecto a las piezas móviles que pueden entrar en contacto.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.5.1	La cisterna dispone de una placa con los datos preceptivos grabados.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.5.2	Las cisternas llevan las inscripciones prescritas en el ADR, sobre cada uno de los lados de la cisterna.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.4.e)	Las cisternas llevan las marcas indicadas en el ADR y en las lenguas establecidas.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
F	Requerimientos particulares que deben cumplir las cisternas para ser autorizadas a transportar ciertas materias de la Clase 2.	
6.8.3.1 a	Los dispositivos cumplen los requerimientos del ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.1.5		
6.8.3.2.1	Las tuberías de vaciado en lo que se refiere a sus cierres, se cumple.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.2.3	Los orificios para el llenado y vaciado en lo que afecta a los dispositivos internos de seguridad, se cumple.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.2.4	Se cumple lo establecido para los dispositivos internos de obturación en orificios con diámetro nominal superior a 1,5 mm.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.2.9	Las válvulas de seguridad y dispositivos de descompresión en cuanto al a 13 número y características son las adecuadas según ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
G	Requerimientos particulares que deben cumplir los vehículos-batería y los CGEM.	
6.8.3.2.18	Los equipos de servicio y las tuberías colectoras de los vehículos-batería y C.G.E.M en lo que se refiere al diseño, materiales y uniones y colocación	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.2.19	cumplen el ADR.	
6.8.3.2.20	Los obturadores, válvulas de seguridad, válvulas de cierre y otros accesorios en lo que se refiere a su montaje en los vehículos-batería y CGEM o en las tuberías colectoras, cumplen el ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
a 28		
H	Otros requerimientos de control y pruebas y marcado para las cisternas.	
6.8.3.4.4	La determinación de la capacidad de los depósitos en relación con el método de medición y los errores de medida.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.5.1	El marcado en lo que afecta a las placas, paneles, inscripciones complementarias e indicaciones específicas, cumplen con el ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
a		
6.8.3.5.8		

DOCUMENTO DE INSPECCIÓN PARA APROBACIÓN DE TIPO		H
		A2
El informe corresponde a:		
Organismo de control:		Número de Acta/Informe:
		(s) (n)
I	Disposiciones especiales que deben cumplir las cisternas, para ser autorizadas a transportar ciertas materias.	
6.8.4.a)	Disposiciones especiales sobre construcción establecidos en los códigos TCx del apartado 6.8.4.a del ADR.	
TC1	Los materiales y la construcción cumplen las prescripciones del apartado 6.8.5.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC2	Depósitos y equipos están contruidos en aluminio de pureza mínima del 99,5% y los espesores son adecuados o en un acero apropiado no susceptible de provocar la descomposición del peróxido de hidrógeno.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC3	Los depósitos están contruidos en acero austenítico (inoxidable).	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC4	El material del depósito no es atacado por el ácido cloroacético (UN 3250) o lleva un revestimiento de esmalte o un revestimiento protector equivalente adecuado.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC5	Los depósitos llevan un revestimiento de plomo de, al menos, 5 mm de espesor o un revestimiento equivalente.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC6	Depósitos y equipos están contruidos en aluminio de pureza mínima del 99,5% y los espesores son adecuados.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC7	El espesor mínimo efectivo de las paredes del depósito es de menos 3 mm.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

DOCUMENTO DE INSPECCIÓN PARA APROBACIÓN DE TIPO		H
		A3
El informe corresponde a:		
Organismo de control:		Número de Acta/Informe:
		(s) (n)
J	Disposiciones especiales, de Equipos, de aprobación y de marcado.	
6.8.4 b.)	Disposiciones especiales sobre equipos, establecidos en los códigos TEx del apartado 6.8.4.b) del ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Las cisternas cumplen las disposiciones especiales (código TEx) del apartado 6.8.4. b) del ADR, que les son aplicables.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.4 c)	Disposiciones especiales sobre la aprobación, establecidos en los códigos TAx del apartado 6.8.4.c) del ADR.	
TA1	Los vehículos-cisterna no van a ser aprobados para transportar materias orgánicas.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TA2	Estas materias podrán transportarse en cisternas, en las condiciones fijadas en la disposición especial TA2 del apartado 6.8.4.c) del ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TA3	Esta materia no puede ser transportada más que en cisternas que tengan un código LGAV o SGAV; la jerarquía del 4.3.4.1.2 no es aplicable.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TA4	Los procedimientos para la evolución de la conformidad y el control periódico cumplen lo dispuesto en TA4 del ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.4. e)	Disposiciones especiales relativas al marcado.	
TM1	La cisterna lleva la indicación "No abrir durante el transporte. Susceptible de inflamación espontánea".	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM2	La cisterna lleva la indicación "No abrir durante el transporte. Produce gases inflamables al contacto con el agua".	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM3	El vagón-cisterna lleva marcada la denominación oficial de transporte de las materias autorizadas y la masa máxima admisible de carga de la cisterna en kg.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM4	La cisterna lleva inscrita la denominación química con la concentración aprobada de la materia en cuestión.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM5	La cisterna lleva inscrita la fecha (mes, año) de la última inspección del estado interior del depósito.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM6	La banda naranja, de acuerdo con la sección 5.3.5 debe ser colocada sobre las cisternas y vehículo-batería.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM7	Está inscrito el trébol esquematizado que figura en 5.2.1.7.6.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>



APÉNDICE E.8

DOCUMENTOS DE CLASE

INSPECCIÓN ESPECÍFICA PARA LA CLASE 2		C2
Comprobación del código de la cisterna, vehículo-batería y CGEM (táchese lo que no proceda)		
Organismo de control:		Número de Acta/Informe:
El informe corresponde a:		
Parte 1	Tipo de cisterna, vehículo-batería y CGEM	C ..... <input type="checkbox"/> P ..... <input type="checkbox"/> R ..... <input type="checkbox"/> (marcar con X lo que proceda)
Parte 2	Presión de cálculo.	X ..... <input type="checkbox"/> (presión mínima de prueba según tabla 4.3.3.2.5)
Parte 3	Aberturas (6.8.2.2 y 6.8.3.2)	B ..... <input type="checkbox"/> C ..... <input type="checkbox"/> D ..... <input type="checkbox"/> (marcar con X lo que proceda)
Parte 4	Válvula de seguridad o dispositivos de seguridad	N ..... <input type="checkbox"/> H ..... <input type="checkbox"/> (marcar con X lo que proceda)
Código de la cisterna resultante:		
Otros códigos de cisterna autorizados para las materias bajo dicho código según ADR (ver apartado 4.3.3.1.2)		
NOTA: Estos códigos de cisterna no tienen en cuenta las eventuales disposiciones especiales (ver 4.3.5 y 6.8.4) para cada rúbrica de la columna 13 de la tabla A del capítulo 3.2.		

INSPECCIÓN ESPECÍFICA PARA LAS CLASES 3 A 9

*Comprobación del Código de las cisternas o vehículos-batería  
(táchese lo que no proceda).*

CLASES 3 A 9

Parte 1	Tipo de cisterna, vehículo-batería.	L..... <input type="checkbox"/> S..... <input type="checkbox"/> (marcar con X lo que proceda)
Parte 2	Presión de cálculo	G. Presión mínima de cálculo ..... <input type="checkbox"/> Según las prescripciones generales del 8.8.2.1.14 ó 1,5, 2,65, 4, 10, 15 ó 21 bar.
Parte 3	Aberturas (8.8.2.2.2)	A..... <input type="checkbox"/> B..... <input type="checkbox"/> C..... <input type="checkbox"/> D..... <input type="checkbox"/> (marcar con X lo que proceda)
Parte 4	Válvula de seguridad y dispositivos de seguridad.	V..... <input type="checkbox"/> F..... <input type="checkbox"/> N..... <input type="checkbox"/> H..... <input type="checkbox"/> (marcar con X lo que proceda)

Código de la cisterna resultante .....  
Otros códigos de cisterna autorizados para las materias bajo dicho código según ADR: (ver apartado 4.3.4.1.2)

NOTA 1. Ciertas materias y ciertos grupos de materias no están incluidas en esta aproximación racionalizada, ver apartado 4.3.4.1.3.

NOTA 2. Estos Códigos de cisterna no tienen en cuenta las eventuales disposiciones especiales (ver 4.3.5 y 8.8.4) para cada rúbrica de la columna 13 de la tabla A del capítulo 3.2.

APÉNDICE E.9

ACTA DE CONFORMIDAD DE LAS UNIONES SOLDADAS DE UNA CISTERNA, VEHÍCULO-BATERIA, CGEM

(Táchese lo que no proceda)

Número de acta .....

Organismo de control: .....

Nombre del inspector: .....

Fechas de inspección: de ..... a .....

Dirección completa del lugar de la inspección: .....

Empresa fabricante de la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda)

— Nombre completo: .....

— Domicilio social: .....

Identificación de la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda).

— Número de contraseña de tipo: .....

— Tipo: .....

— Marca: .....

— Modelo: .....

— Número de fabricación: .....

— Fecha de fabricación: .....

— Volumen total en  $m^3$ : .....

— Presión de servicio en  $kg/cm^2$ : .....

— Código de diseño: .....

Efectuadas las inspecciones interior y exterior de la cisterna, vehículo-batería o CGEM, así como los ensayos destructivos y no destructivos prescritos, tanto por el Código de diseño como por el ADR, se considera que la ejecución de las soldaduras es CONFORME/NO CONFORME con la reglamentación vigente.

Anejos a este acta se encuentran:

Informe radiográfico n.º: .....

Croquis radiográfico n.º: .....

En ..... a ..... de ..... de 20 .....

EL ORGANISMO DE CONTROL



APÉNDICE E.10

ACTA DE CONFORMIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CISTERNA, VEHÍCULO-BATERÍA O CGEM PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA

(Táchese lo que no proceda)

Número de acta: .....

Organismo de control: .....

Nombre del inspector: .....

Fechas de inspección: de ..... a .....

Dirección completa del lugar de la inspección: .....

Empresa fabricante de la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda):

— Nombre completo: .....

— Domicilio social: .....

Identificación de la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda):

— Número de contraseña de tipo: .....

— Tipo: .....

— Marca: .....

— Modelo: .....

— Número de fabricación: .....

— Fecha de fabricación: .....

— Volumen total en  $m^3$ : .....

— Presión de servicio en  $kg/cm^2$ : .....

Identificados los materiales utilizados en la construcción la cisterna, vehículo-batería o CGEM, arriba referenciado, comprobados los certificados de calidad emitidos por su fabricante, comprobada la validez del material respecto a la definida en el proyecto, obtenidas las probetas necesarias para someterlas a los correspondientes ensayos de tracción y verificado el traslado de marca a las distintas chapas, se considera que dichos materiales son APTOS/NO APTOS<sup>5</sup> para la construcción de dicha cisterna.

Anejos a este acta se encuentran:

Acta de ensayos de tracción de probetas n.º .....

Croquis de situación de las placas n.º .....

En ..... a ..... de ..... de 20 .....

EL ORGANISMO DE CONTROL

APÉNDICE E.11

ACTA DE CONFORMIDAD CON EL TIPO DE .....  
PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS PELIGROSAS POR CARRETERA

Acta N.º .....

Organismo de control: .....

Fechas de inspección: de ..... a .....

Código postal del lugar de la inspección: .....

TIPO DE VEHÍCULO:

Fabricante de la cisterna, vehículo-batería o C.G.E.M.:

Nombre completo:

Domicilio social:

Empresa propietaria de la cisterna, vehículo-batería o C.G.E.M.:

Nombre completo:

Domicilio social:

Identificación de la cisterna o vehículo-batería:

Número de contraseña de tipo: .....

Tipo: .....

Marca: ..... Modelo: .....

Número de fabricación: ..... Fecha de fabricación: .....

Volumen total en m<sup>3</sup>: ..... Presión de servicio en bar: .....

Vehículo portador (excepto contenedores cisterna y CGEM):

Número de bastidor: ..... N.º de matrícula: .....

Contraseña HOM: ..... M.M.A.: .....

Marca: .....

Nombre completo del fabricante: .....

Clase: .....

CÓDIGO DE LA CISTERNA, VEHÍCULO-BATERÍA Y CGEM: .....

MATERIA QUE PUEDE TRANSPORTARSE: (se recogen más materias en anexo a este documento)

N.º ONU	Clase	Grupo de embalaje	Designación oficial de transporte

.....El Equipo de Transporte ..... cumple con las siguientes disposiciones especiales relativas a la construcción (TC), a los equipos (TE) y a la aprobación de tipo (TA).



Efectuada la inspección de la cisterna, vehículo-batería o CGEM anteriormente descrito durante el proceso de fabricación, así como su montaje sobre el vehículo portador y comprobadas las características técnicas de ambos por el inspector de este organismo en el lugar y fechas que constan anteriormente, de conformidad con lo establecido en la reglamentación vigente, se encuentra que la cisterna es CONFORME/NO CONFORME con el tipo, cuya contraseña está registrada en el Centro Directivo competente en materia de Seguridad Industrial del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, con el número que figura anteriormente, igualmente el montaje de la cisterna, vehículo-batería o CGEM sobre el vehículo portador, como las características técnicas de dicho vehículo son CONFORMES/NO CONFORMES con la reglamentación vigente.

Igualmente han sido comprobados los siguientes documentos, que se consideran satisfactorios:

- Acta de conformidad de las uniones soldadas n.º: .....
- Informe radiográfico n.º: .....
- Croquis radiográfico n.º: .....
- Acta de conformidad de los materiales n.º: .....
- Croquis de situación de las placas n.º: .....
- Resultados de ensayo sobre testigos de producción n.º: .....
- Acta de prueba de estanqueidad n.º: .....
- Acta de prueba de presión hidráulica: .....
- Acta n.º: .....
- Organismo de control: .....
- Acta de prueba volumétrica n.º: .....
- Certificado de calibración de válvulas de seguridad y prueba de válvulas de aireación n.º: .....
- Otras actas de prueba reglamentariamente exigidas: .....

Por todo lo anterior, se considera que es apto para el transporte de mercancías peligrosas por carretera de las materias anteriormente referenciadas.

Anejos a este acta con el número de contraseña de tipo y número de fabricación y sellados por este organismo están:

- Documento H (DOCUMENTO DE INSPECCIÓN PARA APROBACIÓN DE TIPO).
- Documento de Comprobación de Inspección Inicial o Periódica (hojas G)
- Documentos V1 y V2 y Acta de cumplimiento Reglamentaria.
- Documentos de Clase (INSPECCIÓN ESPECÍFICA PARA LA CLASE 2 ó PARA LAS CLASES 3 a 9).
- Ficha técnica o Plano General n.º:

En ..... a ..... de ..... de 20 .....

**EL ORGANISMO DE CONTROL**

Fdo:  
Nombre del Inspector:

Fdo:  
**EL DIRECTOR TÉCNICO DEL  
ORGANISMO DE CONTROL**

**OBSERVACIONES:**

1. Este acta, junto con sus anexos, se extiende por cuadruplicado por el organismo de control que ha realizado la inspección inicial. Si el acta es favorable, uno de los ejemplares será archivado por el organismo de control; otro será remitido al órgano competente de la comunidad autónoma; los otros quedarán en poder del fabricante. Si el acta es desfavorable al órgano competente de la comunidad autónoma sólo se enviará una copia, junto con informe de las causas; al fabricante le será entregado un solo ejemplar con el informe de las causas.
2. Si el acta es desfavorable, está prohibido solicitar una nueva inspección a otro organismo de control, excepto por decisión del órgano competente de la comunidad autónoma (artículo 16, Ley 21/1992).
3. Está prohibido someter a la cisterna a cualquier tipo de modificaciones, si no es previamente autorizado por el órgano competente de la comunidad autónoma y los cambios no quedan reflejados en una nueva acta.
4. Solamente se podrán transportar las materias que no sean susceptibles de reaccionar peligrosamente con los materiales del depósito, las juntas, los equipamientos y los revestimientos protectores (si fuera aplicable).

APÉNDICE E.12

ACTA DE PRUEBA VOLUMÉTRICA DE UNA CISTERNA, VEHÍCULO-BATERÍA O CGEM PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA

Número de acta: .....

Organismo de control: .....

Nombre del inspector: .....

Fechas de inspección: de ..... a .....

Dirección completa del lugar de la prueba: .....

Tipo de vehículo<sup>1</sup>

Cisterna: ☐

Vehículo-batería: ☐

CGEM: ☐

Fabricante de la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda):

— Nombre completo: .....

— Domicilio social: .....

Empresa propietaria de la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda):

— Nombre completo: .....

— Domicilio social: .....

Identificación de la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda):

— Número de contraseña de tipo: .....

— Tipo: .....

— Marca: .....

— Modelo: .....

— Número de fabricación: .....

— Fecha de fabricación: .....

— Volumen total en m<sup>3</sup>: .....

— Presión de servicio en kg/cm<sup>2</sup>: .....

Sobre la cisterna, vehículo-batería y CGEM (táchese lo que no proceda), cuyos datos se referencia arriba, se procedió a comprobar su capacidad con el siguiente método:

☐ Contador

— Marca: .....

— Modelo: .....

— Número de fabricación: .....

<sup>1</sup> Señálese lo que corresponda.

- Fecha de fabricación: .....
- Volumen total en  $m^3$  .....
- Presión de servicio en  $kg/cm^2$  .....

Sobre la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda), cuyos datos se referencia arriba, se procedió a comprobar su capacidad, con el siguiente método:

☐ Contador

- Marca: .....
- Modelo: .....
- Número de fabricación: .....
- Fecha de precintado: .....
- Error: .....

☐ DIFERENCIA DE PESO

- (Datos de la báscula empleada)
- Compartimento N.º 1 ..... litros
- 2 ..... litros
- 3 ..... litros
- Capacidad total ..... litros

En ..... a ..... de ..... de 20 .....

EL ORGANISMO DE CONTROL



APÉNDICE E.13

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD, PRUEBA DE VÁLVULAS DE AIREACIÓN DE UNA CISTERNA, VEHÍCULO-BATERÍA Y CGEM PARA EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA

Número de acta: .....

Organismo de control: .....

Nombre del inspector: .....

Fechas de inspección: de .....a .....

Dirección completa del lugar de la inspección: .....

Tipo de vehículo<sup>1</sup>

Cisterna: ☐

Vehículo-batería: ☐

CGEM: ☐

Fabricante de la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda):

— Nombre completo: .....

— Domicilio social: .....

Empresa propietaria de la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda):

— Nombre completo: .....

— Domicilio social: .....

Identificación de la cisterna, vehículo-batería o CGEM (táchese lo que no proceda):

— Número de contraseña de tipo: .....

— Tipo: .....

— Marca: .....

— Modelo: .....

— Número de fabricación: .....

— Fecha de fabricación: .....

— Volumen total en m<sup>3</sup>: .....

— Presión de servicio en Kg./cm<sup>2</sup>: .....

Efectuada la verificación y tarado en banco de pruebas de la válvula de seguridad y aireación de la cisterna, vehículo-batería o CGEM arriba referenciado, con resultado satisfactorio, se procedió al precintado de las válvulas de seguridad.

En .....a .....de .....de 20 .....

EL ORGANISMO DE CONTROL

APÉNDICE E.14

DOCUMENTO DE COMPROBACIÓN DURANTE LA INSPECCIÓN INICIAL O PERIÓDICA, DEL CÓDIGO DE UNA CISTERNA, VEHÍCULO-BATERÍA O CGEM				G
Este documento se complementa con los documentos de Clase y la Hoja H				
A) Datos del organismo de control				
Código del organismo de control: .....				
Fecha del informe: .....				
Número de Acta/Informe: .....				
B) Datos del fabricante				
N.º Fabricante: .....				
Sucursal: .....				
Fabricante (Nombre completo): .....				
Dirección completa de la fábrica: .....				
C) Datos de la cisterna:				
Tipo de cisterna, vehículo-batería o CGEM: .....				
Denominación del tipo: .....				
Marca: ..... Modelo: .....				
Plano general: .....				
Número Contraseña de Tipo: .....				
Fecha de resolución de inscripción de Tipo: .....				
D) Características técnicas				
Presión de cálculo	Presión de prueba	Presión máxima de servicio	Presión de llenado/vaciado	Presión estática
Volumen (litros)	Espesores virolas (mm)		Espesores fondos (mm)	
Inspecciones, ensayos, pruebas				
Estado interior correcto	<input type="checkbox"/>	I. visual	<input type="checkbox"/>	..... E.N.D <input type="checkbox"/>
Estado exterior correcto	<input type="checkbox"/>	I. visual	<input type="checkbox"/>	
Estado soportes y anclajes	<input type="checkbox"/>	I. visual	<input type="checkbox"/>	
Soldaduras correctas	<input type="checkbox"/>	I. visual	<input type="checkbox"/>	..... E.N.D <input type="checkbox"/>



DOCUMENTO DE COMPROBACIÓN DURANTE LA INSPECCIÓN INICIAL O PERIÓDICA, DEL CÓDIGO DE UNA CISTERNA, VEHÍCULO-BATERÍA Y CGEM		G
		A1
El informe corresponde a:		
Organismo de control:		Número de Acta/Informe:
		(s) (n)
E	Requerimiento de carácter general de construcción de las cisternas, vehículo-batería o CGEM.	
6.8.2.1.19	Los depósitos cumplen los espesores mínimos establecidos en el ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.1.27	Se cumple lo dispuesto en el ADR respecto al diseño de los depósitos y los revestimientos de protección no metálicos, interiores en cuanto al peligro de inflamación debido a cargas electroestáticas.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.1.27	Existe una toma de tierra claramente identificada y capaz de ser conectada eléctricamente.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.2.1	Se cumplen las prescripciones del ADR en equipos de la cisterna.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.2.4	El depósito y sus compartimentos tienen aberturas de inspección.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.2.9	Se cumple lo prescrito en el ADR respecto a las piezas móviles que pueden entrar en contacto.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.5.1	La cisterna dispone de una placa con los datos preceptivos grabados.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.2.5.2	Las cisternas llevan las inscripciones prescritas en el ADR, sobre cada uno de los lados de la cisterna.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.4.e)	Las cisternas llevan las marcas indicadas en el ADR y en las lenguas establecidas.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
F	Requerimientos particulares que deben cumplir las cisternas para ser autorizadas a transportar ciertas materias de la Clase 2.	
6.8.3.1 a	Los dispositivos cumplen los requerimientos del ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.1.5		
6.8.3.2.1	Las tuberías de vaciado en lo que se refiere a sus cierres, se cumple.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.2.5	Los orificios para el llenado y vaciado en lo que afecta a los dispositivos internos de seguridad, se cumple.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.2.6	Se cumple lo establecido para los dispositivos internos de obturación en orificios con diámetro nominal superior a 1,5 mm.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.2.9	Las válvulas de seguridad y dispositivos de decompresión en cuanto al número y características son las adecuadas según ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
a 13		
G	Requerimientos particulares que deben cumplir los vehículos-batería y los CGEM.	
6.8.3.2.18	Las tuberías colectoras de los vehículos-batería y CGEM en lo que se refiere al diseño, materiales y uniones, cumplen el ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.2.20	Los obturadores, válvulas de seguridad, válvulas de cierre y otros accesorios en lo que se refiere a su montaje en los vehículos-batería y CGEM o en las tuberías colectoras, cumplen el ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
a 28		
H	Otros requerimientos de control y pruebas y marcado para las cisternas.	
6.8.3.4.4	La determinación de la capacidad de los depósitos en relación con el método de medición y los errores de medida.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.3.5.1	El marcado en lo que afecta a las placas, paneles, inscripciones complementarias e indicaciones específicas, cumplen con el ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
a		
6.8.3.5.8		

DOCUMENTO DE COMPROBACIÓN DURANTE LA INSPECCIÓN INICIAL O PERIÓDICA DEL CÓDIGO DE UNA CISTERNA, VEHÍCULO-BATERÍA Y CGEM.		G
		A2
El informe corresponde a:		
Organismo de control:		Número de Acta/Informe:
		(s) (n)
I	Disposiciones especiales que deben cumplir las cisternas, vehículo-batería o CGEM para ser autorizadas a transportar ciertas materias.	
6.8.4.a)	Disposiciones especiales sobre construcción establecidas en los códigos TCx del apartado 6.8.4.a) del ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC1	Los materiales y la construcción cumplen las prescripciones del apartado 6.8.5.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC2	Depósitos y equipos están contruidos en aluminio de pureza mínima del 99,5% y los espesores son adecuados o en un acero apropiado no susceptible de provocar la descomposición del peróxido de hidrógeno.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC3	Los depósitos están contruidos en acero austenítico (inoxidable).	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC4	El material del depósito no es atacado por el ácido cloroacético (ONU 3250) o lleva un revestimiento de esmalte o un revestimiento protector equivalente adecuado.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC5	Los depósitos llevan un revestimiento de plomo de, al menos, 5 mm de espesor o un revestimiento equivalente.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC6	Depósitos y equipos están contruidos en aluminio de pureza mínima del 99,5% y los espesores son adecuados.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TC7	El espesor mínimo efectivo de las paredes del depósito no pueden ser inferior a 3mm.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

DOCUMENTO DE COMPROBACIÓN DURANTE LA INSPECCIÓN INICIAL O PERIÓDICA DEL CÓDIGO DE UNA CISTERNA, VEHÍCULO-BATERÍA Y CGEM.		G
		A3
El informe corresponde a:		
Organismo de control:	Número de Acta/Informe:	
J	Disposiciones especiales, de Equipos, aprobación y marcado	(s) (n)
6.8.4.b)	Disposiciones especiales sobre equipos establecidos en los códigos TEx del apartado 6.8.4.b) del ADR. Las cisternas, cumplen las disposiciones especiales (TEx) que les son de aplicación.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.4.c)	Disposiciones especiales sobre la aprobación, establecidos en los códigos TAx del apartado 6.8.4.c) del ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TA1	Las cisternas no van a ser aprobadas para transportar materias orgánicas.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TA2	Estas materias podrán transportarse en cisternas, vehículo-batería, en las condiciones fijadas en la disposición especial TA2 del apartado 6.8.4.c) del ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TA3	Esta materia no puede transportarse más que en cisternas que tengan un código LGAV o SGAV; la jerarquía del 4.3.4.1.2 no es aplicable.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TA4	Los procedimientos para la evolución de la conformidad y el control periódico cumplen lo dispuesto en TA4 del ADR.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.8.4. e)	Disposiciones especiales relativas al marcado.	
TM1	La cisterna lleva la indicación "No abrir durante el transporte. Susceptible de inflamación espontánea".	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM2	La cisterna lleva la indicación "No abrir durante el transporte. Produce gases inflamables al contacto con el agua".	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM3	La cisterna lleva marcada la denominación oficial de transporte de las materias autorizadas y la masa máxima admisible de carga de la cisterna.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM4	La cisterna lleva inscrita la denominación química con la concentración aprobada de la materia en cuestión.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM5	La cisterna lleva inscrita la fecha (mes, año) de la última inspección del estado interior del depósito.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
TM7	Está inscrito el triángulo esquematizado que figura en 5.2.1.7.6.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>



APÉNDICE E.15

ACTA DE INSPECCIÓN PERIÓDICA DE.....  
Y DE SU VEHÍCULO PORTADOR, PARA EL TRANSPORTE DE  
MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA

Organismo de control: .....

Acta N.º: .....

Fechas de inspección: de ..... a .....

Código postal del lugar de la inspección: .....

TIPO DE INSPECCIÓN:

TIPO DE VEHÍCULO:

Fabricante:

Nombre completo:
Domicilio social:

Empresa propietaria de la cisterna, vehículo-batería o C.G.E.M.:

Nombre completo:
Domicilio social:

Identificación de la cisterna, vehículo-batería o CGEM:

Número de contraseña de tipo: .....

Tipo: .....

Marca: ..... Modelo: .....

Número de fabricación: ..... Fecha de fabricación: .....

Volumen total en m<sup>3</sup>: ..... Presión de servicio en bar: .....

Vehículo portador (excepto contenedores cisterna):

Número de bastidor: ..... N.º de matrícula: .....

Contraseña HOM: ..... M.M.A.: .....

Marca: .....

Nombre completo del fabricante: .....

Clase 1: .....

CÓDIGO DE LA CISTERNA, VEHÍCULO-BATERÍA Y CGEM: .....

MATERIA QUE PUEDE TRANSPORTARSE: (se recogen más materias en anexo a este documento)

N.º ONU	Clase	Grupo de embalaje	Designación oficial de transporte

..... El Equipo de Transporte ..... cumple con las siguientes disposiciones especiales relativas a la construcción (TC) y a los equipos (TE) y de aprobación de tipo (TA).

Previo examen de los documentos de la cisterna arriba referenciada, siguientes:

- Documento H (INFORME DE INSPECCIÓN PARA HOMOLOGACIÓN).
- Documento de Comprobación de Inspección Inicial o Periódica (Apéndice E14, G A1, G A2 y G A3)
- Documento V (Apéndice 3.28)

- Ficha técnica o Plano General n.º: .....
- Organismo de control: .....
- Acta n.º: .....

Efectuada la inspección de dicha cisterna, así como su montaje sobre el vehículo portador y sometida a las pruebas abajo referenciadas por el inspector de este organismo en el lugar y fechas que consta arriba, de conformidad con lo establecido en la legislación vigente, se encuentra que la cisterna es APTA/NO APTA para el transporte de mercancías peligrosas por carretera. Igualmente, el montaje de la cisterna sobre el vehículo portador, son CONFORMES/NO CONFORMES con la reglamentación vigente.

Las pruebas a que ha sido sometida, que se consideran satisfactorias, son las siguientes:

- Inspección visual .....
- Prueba de estanqueidad ..... Acta n.º: .....
- Prueba de presión hidráulica ..... Acta n.º: .....
- Prueba volumétrica ..... Acta n.º: .....
- Tarado de las válvulas de seguridad y pruebas de válvulas de aireación.
- Certificado n.º: .....

Por todo lo anterior, se considera que..... extenderle un certificado de autorización para el transporte de mercancías peligrosas por carretera de las materias arriba referenciadas.

Anejos a éste se encuentran los siguientes documentos de inspección:

- Documento de Comprobación de Inspección Inicial o Periódica (Apéndice E14, G A1, G A2 y G A3)
- Documentos V1 y V2 y acta de cumplimiento reglamentario.
- Documentos de Clase (INSPECCIÓN ESPECÍFICA PARA LA CLASE 2 ó PARA LAS CLASES 3 a 9)
- Si el acta es favorable, fotocopia del certificado de autorización, firmada por el inspector.
- Si el acta es desfavorable, original del certificado de autorización.

En ..... a ..... de ..... de 20 .....

EL ORGANISMO DE CONTROL

Fdo:

Nombre del Inspector:

#### OBSERVACIONES:

1. Este acta, junto con sus anexos, se extiende por triplicado por el organismo de control que ha realizado la inspección. Si la inspección es favorable, la tercera copia será archivada por el organismo de control; la segunda será destruida y el original se le entregará al propietario. Si la inspección es desfavorable, la segunda copia será enviada por el organismo de control a la Administración competente, proponiendo la desclasificación de la cisterna, vehículo- batería o CGEM hasta que sean subsanados los defectos detectados.
2. Si el acta es desfavorable, está prohibido solicitar una nueva inspección a otro organismo de control, excepto por decisión del órgano competente de la comunidad autónoma (artículo 18, Ley 21/1992).
3. Está prohibido someter a la cisterna a cualquier tipo de modificaciones, si no es previamente autorizado por el organismo de control y los cambios no quedan reflejados en una nueva acta.



APENDICE E.17

ACTA DE INSPECCIÓN ..... PARA EL TRANSPORTE  
DE MERCANCÍAS PELIGROSAS POR CARRETERA, TRAS SU MODIFICACIÓN O REPARACIÓN

Acta n.º: .....

Organismo de control: .....

Efectuada la inspección de dicha cisterna, anteriormente descrita durante el proceso de reparación/modificación (1), así como su montaje sobre el vehículo portador y comprobadas las características técnicas de ambos por el Inspector de este Organismo en el lugar y fechas que constan anteriormente, de conformidad con lo establecido en la reglamentación vigente, se encuentra que la cisterna y su vehículo portador son CONFORMES/NO CONFORMES (2) con la reglamentación vigente.

Igualmente han sido comprobados los siguientes documentos, que se consideran satisfactorios:

- Acta de conformidad de las uniones soldadas n.º: .....
- Informe radiográfico n.º: .....
- Croquis radiográficos n.º: .....
- Acta de conformidad de los materiales n.º: .....
- Croquis de situación de las placas n.º: .....
- Acta de prueba de estanqueidad n.º: .....
- Acta de prueba de presión hidráulica n.º: .....
- Acta de prueba volumétrica n.º: .....
- Certificado de Tarado de válvulas de seguridad y prueba de válvulas de aireación n.º: .....
- Otras actas de prueba reglamentariamente exigidas (3): .....

Por todo lo anterior, se considera que este vehículo ..... es apto para el transporte de mercancías peligrosas por carretera de las materias anteriormente referenciadas.

Anexos a este acta con el número de contraseña de tipo y número de fabricación y sellados por este organismo están:

- Documento H (INFORME DE INSPECCIÓN PARA HOMOLOGACIÓN)
- Documento de Comprobación de Inspección Inicial o Periódica (E-14, G1, G2 y G3)
- Documentos V1 y V2 y acta de cumplimiento reglamentario.
- Documentos de Clase (INSPECCIÓN ESPECÍFICA PARA LA CLASE 2 o PARA LAS CLASES 3 a 9)
- Ficha técnica o Plano General n.º: .....

En ..... a ..... de ..... de 20 .....

EL ORGANISMO DE CONTROL

Fdo: ..... Fdo: .....

Nombre del Inspector

EL DIRECTOR TÉCNICO DEL  
ORGANISMO DE CONTROL

OBSERVACIONES:

1. Este acta, junto con sus anexos, se extiende por triplicado por el organismo de control que ha realizado la inspección. Si la inspección es favorable, la tercera copia será archivada por el organismo de control; la segunda será enviada al órgano competente de la comunidad autónoma y el original se le entregará al propietario. Si la inspección es desfavorable, la segunda copia será enviada por el organismo de control a la Administración competente, proponiendo la desclasificación del vehículo hasta que sean subsanados los defectos detectados.  
El propietario, si se trata de un vehículo cisterna (fijo o desmontable) o un vehículo batería, presentará las 2 copias recibidas de este acta en la estación ITV donde el vehículo efectúe la revisión reglamentaria. Ambos ejemplares tras ser sellados por la estación ITV, se devolverán al propietario del vehículo, el cual entregará uno de ellos al organismo de control que ha realizado la inspección para su archivo.
2. Si el acta es desfavorable, está prohibido solicitar una nueva inspección a otro organismo de control, excepto por decisión del órgano competente de la comunidad autónoma (artículo 16, Ley 21/1992).
3. Está prohibido someter a la cisterna a cualquier tipo de modificaciones, si no es previamente autorizado por el organismo de control y los cambios no quedan reflejados en una nueva acta.

APÉNDICE E.18

Certificado de prueba de estanquidad

Certificado número: .....  
organismo de control, y en su nombre, don .....  
como inspector autorizado de la misma.

Certifica que:

Sobre el vagón cisterna/contenedor cisterna cuyos datos de identificación figuran a continuación:

- Numero de identificación: .....
- Año de construcción: .....
- Constructor: .....
- Presión de servicio: .....
- Fecha y lugar de la(s) prueba(s): .....

Se ha llevado a cabo la prueba estanquidad correspondiente, en las condiciones siguientes:

Compartimento	Presión de prueba específica	Duración	Lectura del manómetro	Resultados

Y para que conste donde convenga, se extiende el presente certificado.

En ..... a ..... de ..... de 20 .....

EL ORGANISMO DE CONTROL

Fdo.:

**APÉNDICE E.19**

**Certificado de prueba hidráulica**

Certificado número: .....  
 organismo de control, y en su nombre, don .....  
 como inspector autorizado de la misma.

Certifica que:

Sobre el vagón cisterna/contenedor cisterna cuyos datos de identificación figuran a continuación:

Numero de identificación: .....  
 Año de construcción: .....  
 Constructor: .....  
 Presión de servicio: .....  
 Fecha y lugar de la(s) prueba(s):.....

Se ha llevado a cabo la prueba hidráulica correspondiente, en las condiciones siguientes:

Compartimento	Presión de prueba específica	Duración	Lectura del manómetro	Resultados

Y para que conste donde convenga, se extiende el presente certificado.

En ..... a ..... de ..... de 20 .....

**EL ORGANISMO DE CONTROL**

Fdo.:

**APÉNDICE E.20**

Ficha técnica cisterna			
Fabricante			
Importador			
Tipo de cisterna		Modelo	
Volumen total en metros cúbicos		Diámetro equivalente en metros	
Número de compartimentos		Materia envolvente	
Presión diseño en bar		Presión de prueba en bar	
Espesor virolas en milímetros		Espesor de fondos en milímetros	
Longitud total en metros		Clases de materias y bloques	
Plano de la cisterna con sus equipos			
Firma y sello del fabricante		Firma y sello de la OCA	



APÉNDICE E 22

INFORME RADIOGRÁFICO				ORGANISMO DE CONTROL:			
				FABRICANTE:			
				CISTERNA TIPO:			
				INFORME N.º:			
PEDIDO:				FECHA RECEPCIÓN:			
				FECHA ENSAYO:			
OBJETO ENSAYADO:				CALIF S/ESPECIFIC:			
MATERIAL:		DIÁMETRO:		ESPESOR:		EXT. EXAMEN:	
DESCRIPCIÓN DEL EXAMEN:							
PROCEDIMIENTO:		PENETRACIÓN:		SITUACIÓN:		GALGA:	
TIPO FUENTE:		CÓDIGO EQUIPO:		TAMAÑO FOCAL:			
TIPO FILM:		TAMAÑO:		N.º FILMS:		CHASIS:	
PANTALLAS:		DISTANCIA FF:		DENSIDAD:		S/D PARED:	
ACTIVIDAD:		KV:      mA:		TIEMPO EXP:		S/D VISIÓN:	
Tipo de defecto: As Poros                      Ea Grieta long Ab Poros verm                Eb Grieta trans Ba Escorias irreg            F Mordedura Bb Escorias alin               G/H Inclusión Bc Escorias alter              K Crater C Falta de fusión              O Otros D Falta de penetr				Clasificación IIS/IIW comisión 5 / UNE 14.011 1 Soldadura perfecta      4 Soldadura mala 2 Soldadura buena        5 Soldadura muy mala 3 Soldadura regular			
				Clasificación Código ASME/API/AWS A: Aceptable                R: Rechazable			
IDENTIF	SECTOR	ESPESOR	IQI	DENSID	TIP DEF	CALIF	OBSEV
LUGAR DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO:							
OBSERVACIONES GENERALES: LAS RADIOGRAFÍAS SERÁN SELECCIONADAS POR EL TÉCNICO DEL ORGANISMO DE CONTROL							
OPERADOR: NOMBRE, NIVEL, FIRMA		INSPECTOR CLIENTE: NOMBRE, FIRMA			OPERADOR: NOMBRE, NIVEL FIRMA		

## APÉNDICE E.23

Nombre del fabricante:
Cisterna tipo:
Organismo de control:
Nombre del técnico:
Croquis de situación de las placas número:
<p style="text-align: center;">Croquis de situación de las placas</p>

## APÉNDICE E.24

[illegible]

INFORME DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	ORGANISMO DE CONTROL		
	FABRICANTE		
	CISTENA TIPO		
	INFORME N.º		
1. GENERAL			
PETICIONARIO.....OBRA.....			
Componente.....Pieza.....Plano.....			
Material.....Estado Superficial.....			
Especificación.....Revisión.....Fecha.....			
2. CARACTERISTICAS DEL ENSAYO			
Equipo.....Marca.....Modelo.....			
Método de Magnetización.....Técnica.....			
Tipo Partículas.....Color.....Marca.....			
Lámpara Luz Negra.....intensidad luminosa.....			
Tipo de.....Intensidad (Amp).....			
Separación electrodos (mm).....Direcciones.....			
3. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN según.....			
4. CROQUIS SITUACIÓN DISCONTINUIDADES			
5. RESULTADOS:			
DISCONTINUIDAD N.º	LONG (mm)	OBSERVACIONES	EVALUACIÓN
6. OBSERVACIONES			
OPERADOR	V.º B.º	V.º B.º JEFE	
INSPECTOR	CLIENTE:	CONTROL	
		CALIDAD	
FECHA:	FECHA:	FECHA:	
INFORME INSPECCIÓN LIQUIDOS		ORGANISMO DE CONTROL	
PENETRANTES		FABRICANTE:	
		CISTENA TIPO	
		INFORME N.º:	
CODIGO ACEPTACION		PROCEDIMIENTO REVISION:	
PLANO	COMPONENTE	MATERIAL	
DATOS DE LA INSPECCIÓN:			
CARACTERISTICAS DEL ENSAYO			
LIMPIEZA PREVIA:		TEMPERATURA PIEZA (°C)	
ELIMINADOR TIPO:	MARCA:	TIEMPO DE SECADO:	
PENETRANTE TIPO:	MARCA:	TIEMPO PENETRACIÓN:	
APLIC.PENETRANTE	ELIM. PENETRANTE	MÉTODO:	
POR:	POR:		
REVELADO TIPO	MARCA	TIEMPO REVELADO	
CROQUIS SITUACIÓN INDICACIONES:			

RESULTADOS				
Indicaciones	Dimensiones	Descripción	Evaluación	Observaciones
Nombre operador y cualificación:			Nombre inspector y cualificación:	
Fecha:	Inspector:			
	Fabricante:			
	Tercera parte:			





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**



**DOCUMENTO N° 7**

# **EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LA SEGURIDAD Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**AUTOR: JOSÉ CARAVACA GARCÍA**

**TITULACIÓN: I.T.I. MECÁNICA**

**DIRECTOR: FEDERICO CERÓN DE LARA**

**ENERO 2015**

## **ÍNDICE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE**

7.- EVALUACIÓN DE RIESGOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.....	184
7.1.- Plan de actuación en caso de avería o accidente.....	184
7.2.- Equipamiento de protección individual (EPI).....	186
7.3.- Prevención de riesgos de incendios. Equipos de extinción.....	188
7.4.- Limitaciones de velocidad.....	191
7.5.- Placas y señalización.....	192

## **7.-EVALUACIÓN DE RIESGOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.**

### **7.1-Plan de actuación en caso de avería o accidente.**

El transporte por carretera de sustancias peligrosas provoca que exista la posibilidad de que una avería o accidente del vehículo transportador desemboque en un peligro, tanto para la seguridad pública, como para el medio ambiente.

Por ello, es muy importante la existencia de un protocolo de actuación, el cual debe seguirse estrictamente, en el caso de que ocurra algún percance durante el transporte, a fin de minimizar al máximo los posibles daños causados.

El protocolo de actuación que se ha de seguir, en el caso de que un vehículo que transporta mercancías peligrosas vea interrumpida su marcha por una avería o un accidente, se define a continuación.

Los miembros de la tripulación tomarán inmediatamente las medidas que se determinen en las instrucciones escritas según el ADR 2013 y adoptarán aquellas otras que figuran en la legislación vigente. Seguidamente se procederá a informar de la avería o accidente al teléfono de emergencia que corresponda, de acuerdo con la relación que, a tal efecto, se publica, con carácter periódico, en el BOE mediante resolución de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior. Posteriormente, y siempre que sea posible, se le comunicará también a la empresa transportista y a la empresa expedidora, identificadas como tales en la carta de porte o documentos de transporte.

En caso de imposibilidad de actuación de los miembros de la tripulación, la autoridad, su agente más cercano o el servicio de intervención que ha recibido la información inicial del hecho (Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, Fuerzas y Cuerpos de Seguridad, Bomberos, Cruz Roja, etcétera), se asegurará, a través de los mecanismos y protocolos establecidos, de que sean informados los responsables en materia de tráfico y seguridad vial, y el Centro de Cooperación Operativa designado en el correspondiente plan de la Comunidad Autónoma o, en su defecto, las Delegaciones/Subdelegaciones del Gobierno de la provincia en la que el suceso se produzca, llamando a los números de teléfono anteriormente citados, para que, en cada caso, se adopten las medidas de prevención o

protección que resulten más adecuadas, contando para ello, con lo dispuesto en las fichas de intervención de los servicios operativos en situaciones de emergencia provocadas por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera.

La comunicación del accidente o avería se realizará por el medio más rápido posible e incluirá los siguientes datos:

- Localización del suceso;
- Estado del vehículo implicado y características del suceso;
- Datos sobre las mercancías peligrosas transportadas;
- Existencia de víctimas;
- Condiciones meteorológicas;
- Otras circunstancias que se consideren de interés para valorar los posibles efectos del suceso sobre la seguridad de las personas, los bienes o el medio ambiente y las posibilidades de intervención preventiva.

En función de las necesidades de intervenciones derivadas de las características del accidente y de sus consecuencias ya producidas o previsibles, las autoridades competentes aplicarán las medidas previstas en los planes especiales de protección civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera.

Los citados planes especiales serán elaborados de acuerdo con lo establecido en la Directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera.

Existirán acuerdos de colaboración por el Ministerio del Interior o por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas en cada caso, así como por aquellas entidades que representen sectores profesionales interesados (expedidores, transportistas, etcétera), y con el fin de colaborar en las actuaciones en caso de accidente, se fomentarán acuerdos o pactos de ayuda mutua entre las propias empresas de los sectores profesionales, y acuerdos o convenios de colaboración de dichas empresas con las autoridades competentes en tales circunstancias. De estos acuerdos se dará información a la Comisión Nacional de Protección Civil y, según proceda, a la Comisión para la Coordinación del Transporte de Mercancías Peligrosas.

Los daños que se deriven directa o indirectamente del empleo de personal y materiales de las empresas incorporadas a los acuerdos o convenios de colaboración con las autoridades competentes, las lesiones producidas a las personas por estas actividades de colaboración en los planes de protección civil frente a estos accidentes y, asimismo, los daños que causen a terceros, por la acción de aquéllos en tales circunstancias, serán indemnizables de conformidad con lo dispuesto en la legislación sobre responsabilidad de la Administración por el funcionamiento de los servicios públicos, sin perjuicio de su resarcimiento por la misma con cargo al responsable del accidente.

Las actuaciones que realicen los órganos competentes en materia de control de tráfico y seguridad vial, como consecuencia de accidentes o incidentes de vehículos de mercancías peligrosas, en los que se vea implicada la mercancía, se reflejarán mediante la remisión de un informe a la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, que dará traslado del mismo a la Comisión para la Coordinación del Transporte de Mercancías Peligrosas.

En el caso de que, como consecuencia de accidente o incidentes de cisternas de mercancías peligrosas, se vean afectados el depósito o sus equipos, los órganos competentes y el control de tráfico remitirán un informe fotográfico relativo al estado de la cisterna, a la Comisión para la Coordinación del Transporte de Mercancías Peligrosas. Asimismo, el órgano competente en materia de industria podrá requerir al propietario de la cisterna un informe de un organismo de control legalmente establecido.

La empresa remitirá el informe sobre sucesos notificables, que figura en el ADR 2013, cuando concurren las circunstancias enumeradas en el mismo, en un plazo no superior a treinta días naturales desde la fecha del suceso, a la Dirección General de Transporte Terrestre y al órgano competente de la Comunidad Autónoma o de las ciudades de Ceuta y Melilla en cuyo territorio hubiera tenido lugar el suceso. Todo ello sin perjuicio de una posterior ampliación de este informe.

## **7.2-Equipamiento de protección individual (EPI).**

Se entiende por EPI, cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que lo proteja de uno o más riesgos que puedan amenazar su seguridad y/o su salud, así como cualquier complemento destinado al mismo fin.

Los EPI son pues, elementos de protección individuales del trabajador, muy extendidos y utilizados en cualquier tipo de trabajo y cuya eficacia depende, en

gran parte, de su correcta elección y uso y de un mantenimiento adecuado del mismo.

El equipamiento EPI de que se deberá ir provisto en cualquier operación relacionada con el transporte por carretera de ácido sulfúrico, se puede clasificar en función de la parte del cuerpo que proteja de la siguiente forma.

#### **-Protectores de la cabeza.**

- Prendas de protección para la cabeza (gorros, gorras, sombreros, etc.) de polietileno o caucho de butilo;
- Cascos para usos especiales (fuego, productos químicos, etc.) de policarbonato y fibra de vidrio.

#### **-Protectores del oído.**

- Protectores auditivos tipo “tapones” de goma.

#### **-Protectores de los ojos y de la cara.**

- Gafas de montura “integral” (uni o biocular);
- Pantallas faciales;
- Pantallas para soldadura (de mano o de cabeza).

#### **-Protección de las vías respiratorias.**

- Equipos filtrantes de partículas (molestas, nocivas, tóxicas o radiactivas);
- Equipos filtrantes frente a gases y vapores;
- Equipos respiratorios con casco o pantalla para la soldadura.

#### **-Protectores de las manos y los brazos.**

- Guantes contra las agresiones químicas, eléctricas y térmicas de PVC o goma de butilo;
- Manguitos y mangas de goma de butilo o PVC.

#### **-Protectores de los pies y las piernas.**

- Calzado y cubrecalzado de protección frente al calor, la electricidad y las agresiones químicas de caucho.

#### **-Protectores de la piel.**

- Cremas de protección y pomadas para quemaduras.

#### **-Protectores del tronco y el abdomen.**

- Chalecos, chaquetas y mandiles de protección contra las agresiones químicas de cloruro de polivinilo, butadieno, viton, neopreno/butilo, polietileno, teflón o caucho de butilo.

#### **-Protección total del cuerpo.**

- Equipos de protección contra las caídas de altura;
- Dispositivos anticaídas deslizantes;
- Ropa de protección contra las agresiones químicas de cloruro de polivinilo o goma de butilo;
- Ropa y accesorios (brazaletes, guantes) de señalización (retroreflectantes, fluorescentes).

### **7.3-Prevención de riesgos de incendios. Equipos de extinción.**

El riesgo de incendio en un vehículo cisterna puede tener su origen tanto en el camión tractor como en el depósito cisterna.



La prevención de riesgo de incendio es un aspecto muy importante para evitar cualquier tipo de accidente que pueda poner en peligro, tanto a la tripulación, como a cualquier otra persona o al medio ambiente.

### **-Prevención de incendios en la cisterna.**

Para llevar a cabo dicha prevención en el depósito cisterna se aplicarán una serie de dispositivos para minimizar al máximo el riesgo de incendio.

Los dispositivos que se utilizarán para evitar que se produzca un incendio en el depósito cisterna son: la realización de conexiones equipotenciales entre todos los elementos de la cisterna y sus equipos de servicio que sean conductores de la electricidad y la colocación de un dispositivo de toma de tierra que permita descargar eléctricamente el vehículo en acciones de carga, descarga, repostaje, reparación, etcétera.

### **-Prevención de incendios en el vehículo.**

El riesgo de incendio también puede venir provocado por algún elemento del camión tractor como el motor, el depósito de carburante, el dispositivo de escape o el dispositivo de frenado.

### **-La cabina.**

La cabina se fabricará de un material difícilmente inflamable, de no ser así, se deberá disponer en su parte posterior una defensa metálica o de otro material apropiado, de una anchura igual a la de la cisterna. Todas las ventanas de la parte posterior de la cabina o de la defensa irán cerradas herméticamente, tener un vidrio de seguridad resistente al fuego y cercos ignífugos. Entre la cisterna y la cabina o defensa deberá haber un espacio de al menos 15 centímetros.

### **-El depósito de carburante.**

Los depósitos de carburante para la alimentación del motor del vehículo deberán cumplir los siguientes requisitos para la prevención de incendios:

- En caso de fugas, el carburante se filtrará hasta llegar al suelo sin entrar en contacto con las partes calientes del vehículo o la carga;

- Los depósitos de gasolina deberán ir provistos con un dispositivo cortallamas eficaz que se adapte a la boca de llenado o de un dispositivo que permita mantener la boca de llenado cerrada herméticamente.

#### **-El motor.**

Los motores de los vehículos de arrastre deberán ir equipados y estar ubicados de modo que se evite cualquier peligro para el cargamento a consecuencia de un recalentamiento o inflamación.

#### **-Dispositivo de escape.**

El dispositivo de escape, incluyendo los tubos de escape, deberá dirigirse o protegerse de modo que se evite cualquier peligro para el cargamento a consecuencia de un recalentamiento o inflamación. Las partes del escape que se encuentren directamente debajo del depósito de carburante (diesel) se deberán hallar a una distancia mínima de 100 mm o estar protegidas por una pantalla térmica.

#### **-Freno del vehículo.**

Los vehículos equipados con un dispositivo de frenado de resistencia que emita temperaturas elevadas, situado detrás de la pared posterior de la cabina, deberá estar provisto de un aislamiento térmico entre el dispositivo y la cisterna, fijado de modo sólido y colocado de tal manera que permita evitar cualquier recalentamiento de la pared de la cisterna.

Además, este aislamiento deberá proteger al dispositivo de fugas o derrames que puedan darse, incluso de manera accidental, del producto transportado.

#### **-Equipos de extinción.**

Las medidas de prevención contra incendios pueden en ocasiones no ser suficientes y acabar produciéndose un incendio. Por ello, el vehículo cisterna irá equipado con una serie de dispositivos de extinción de incendios en función de la carga transportada y el tipo.

La cisterna del proyecto, cuya carga supera los 7500 kilos, irá equipada siguiendo las especificaciones del ADR 2013, de 2 extintores con una capacidad mínima total por unidad de transporte de 12 kilos. Además, llevará otro extintor adaptado a un incendio en el compartimento motor o la cabina con una capacidad mínima de 2 kilos.

Si el vehículo está equipado, para luchar contra el incendio del motor, con un dispositivo fijo, automático o fácil de poner en marcha, no será necesario que el extintor portátil esté adaptado a la lucha contra un incendio del motor. Los agentes extintores contenidos en los extintores con que va provista la unidad de transporte deberán ser tales, que ni puedan desprender gases tóxicos en la cabina de conducción, ni tampoco al verse influidos por el calor de un incendio.

Los extintores de incendio portátiles deberán llevar un precinto que indique que no han sido utilizados. Además llevarán una marca de conformidad con una norma reconocida por una autoridad competente, así como una inscripción que indique al menos el año y el mes de la próxima inspección periódica o la fecha límite de validez.

Los extintores de incendios serán objeto periódicamente de una inspección, de acuerdo con las normas nacionales, con el fin de garantizar su funcionamiento con total seguridad.

Los extintores irán instalados a bordo de la unidad de transporte de manera que sean fácilmente accesibles para la tripulación. Su instalación deberá protegerlos de los efectos climáticos de modo que sus capacidades operacionales no se vean afectadas.

## **7.4-Limitaciones de velocidad.**

Las velocidades a las que podrán circular los vehículos cisterna transportadores de mercancías peligrosas para cada tipo de vía vendrán reguladas, para mayor seguridad, por un dispositivo de limitación de velocidad.

Las velocidades máximas a las que podrá circular un vehículo cisterna serán, en función del tipo de vía y según el artículo 48 y 49 del Reglamento General de Circulación, las siguientes:

- Autopistas y autovías: 80 km/h;
- Carreteras convencionales con arcén pavimentado de 1.5 m o más de anchura, o más de un carril para alguno de los dos sentidos: 70 km/h;
- Resto de vías fuera de poblado: 60 km/h;

- Vías urbanas y travesías: 40 km/h.

## 7.5-Placas y señalización.

El último punto referente a la seguridad en el transporte de sustancias peligrosas por carretera, es el etiquetado del vehículo cisterna. El objetivo de este proceso es el de ofrecer una clara identificación de la mercancía que se está transportando y el peligro que ello conlleva, a todos los usuarios de la vía, con el fin de que estos extremen la precaución a la hora de pasar cerca de ellos.

### **-Etiquetas de clase.**

El etiquetado del vehículo cisterna del proyecto constará de tres etiquetas indicando la clase a la que pertenece la sustancia transportada y el mayor peligro que ofrece. En este caso, la sustancia transportada es ácido sulfúrico, que es una sustancia de la clase 8 y cuyo mayor peligro es la corrosividad.

Estas etiquetas llevarán en su mitad superior un dibujo de dos probetas vertiendo líquido sobre una mano y un metal de color negro sobre un fondo blanco, y en su mitad inferior llevarán escrito el número de clase, el 8, de color blanco sobre un fondo negro.

La cisterna del proyecto, como solo transportará una sustancia, llevará tres etiquetas de este tipo colocadas una en su parte trasera y otra en cada lateral.

### **-Paneles naranja.**

Los paneles naranja serán de obligado uso en vehículos cisterna que transportan mercancías peligrosas por carretera.

Los paneles naranja serán rectangulares, retroreflectantes y estarán divididos por su mitad de manera transversal.

En el rectángulo superior irá representado el número de identificación del peligro que representa la sustancia transportada, en el caso de la cisterna del proyecto el ácido sulfúrico tiene el número de peligro 80.

En el rectángulo inferior irá representado el número ONU de la sustancia transportada que en el caso del ácido sulfúrico es 1830.

El vehículo cisterna del proyecto llevará fijados dos paneles naranja, uno en la parte delantera del vehículo tractor y el otro en la parte trasera del depósito cisterna.

Todos los paneles y etiquetas tendrán que ir bien fijados y en un lugar cuya visibilidad sea perfecta.



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**



**DOCUMENTO N° 8**

**PRESUPUESTO**

**AUTOR: JOSÉ CARAVACA GARCÍA**

**TITULACIÓN: I.T.I. MECÁNICA**

**DIRECTOR: FEDERICO CERÓN DE LARA**

**ENERO 2015**

## ÍNDICE PRESUPUESTO

8.- PRESUPUESTO.....	197
----------------------	-----



## 8.-PRESUPUESTO.

El presupuesto que se adjunta a continuación, refleja el coste del proceso de fabricación y montaje del depósito cisterna, los materiales y el trabajo de ingeniería.

Nº Orden	Descripción	Unidades	Precio	Importe
<b>01</b>	<b>Presupuesto de Ingeniería</b>			
01.01	Elaboración del Proyecto.	1 u.	2.000 €	2.000 €
01.02	Informe de conformidad.	1 u.	675 €	675 €
	<b>Total de la partida 1.</b>			<b>2.675 €</b>
<b>02</b>	<b>Mano de obra</b>			
02.01	Mecanizado de las piezas.	10 h	50 €/h	500 €
02.02	Trabajos de soldadura.	24 h	66 €/h	1584 €
02.03	Instalación de los sistemas de servicio y seguridades.	8 h	50 €/h	400 €
02.04	Instalación eléctrica.	10 h	50 €/h	500 €
	<b>Total de la partida 2.</b>			<b>2.984 €</b>
<b>03</b>	<b>Ensayos y pruebas</b>			
03.01	Ensayos y pruebas durante el proceso de fabricación.	3 h	66 €/h	198 €
03.02	Ensayos y pruebas antes de la puesta en funcionamiento.	3 h	66 €/h	198 €
	<b>Total de la partida 3.</b>			<b>396 €</b>
<b>04</b>	<b>Materiales</b>			
04.01	Plancha acero 316 L de 5 mm.	40 m <sup>2</sup>	27,2 €/m <sup>2</sup>	1088 €
04.02	Plancha acero 316 L de 8 mm	4 m <sup>2</sup>	44,3 €/m <sup>2</sup>	177,2 €
04.03	Seguridades y servicios.	Varios	2450 €	2450 €
04.04	Acero 304	2 m <sup>2</sup>	21,5 €/m <sup>2</sup>	43 €
	<b>Total de la partida 4.</b>			<b>3.758,2 €</b>
	<b>Total de las partidas.</b>			<b>9.813,2 €</b>
	<b>IVA 21 %.</b>			<b>2.060,7 €</b>
	<b>Presupuesto final.</b>			<b>11.873,9 €</b>

El presupuesto final del proyecto de diseño del depósito cisterna para el transporte por carretera de ácido sulfúrico asciende a un total de: **once mil ochocientos setenta y tres euros con noventa céntimos (11.873,9 €).**



## 9.-BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN.

- James M. Gere, Timoshenko: Resistencia de Materiales. Ed. Ediciones Paraninfo, 2004.
- Barrero Ripoll. Antonio, Sánchez Pastor. Miguel. Fundamentos y Aplicaciones de la Mecánica de Fluidos.
- Conejo. Antonio. Instalaciones Eléctricas, 2007.
- Manual del acero inoxidable. Ed. Indura.
- Fichas NTP: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- ADR 2013. Acuerdo europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera. BOE, Ministerio de Fomento.
- Directiva 2008/68/CE (RD 97/2014). Operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera. BOE, Ministerio de Fomento.
- Directiva 2010/35/UE (RD 1388/2011). Equipos a presión transportables. BOE, Ministerio de Fomento.
- Norma UNE EN 13094 de 2009. Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. Diseño y construcción. BOE, Ministerio de Fomento.
- Norma UNE EN 14432 de 2007. Equipo de las cisternas para el transporte de productos químicos líquidos. Válvulas de descarga del producto y de entrada de aire.
- Norma UNE EN 12972 de 2009. Ensayo, inspección y marcado de cisternas metálicas. BOE, Ministerio de Fomento.
- Real Decreto 750/2010. Homologación de vehículos. BOE, Ministerio de Fomento.
- Real Decreto 340/2010. Desgasificación, despresurización y reparación o modificación de cisternas de mercancías peligrosas. BOE, Ministerio de Fomento.
- Real Decreto 749/2001. Especificaciones de las bocas de hombre. BOE, Ministerio de Fomento.

- Real Decreto 948/2005. Medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. BOE, Ministerio de Fomento.
- Orden de Industria 16/10/96. Normas de construcción, aprobación de tipo, ensayo e inspección de cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. BOE, Ministerio de Fomento.
- ITC MIE EP-6. Instrucciones técnicas sobre recipientes a presión transportables. BOE, Ministerio de Fomento.
- Real Decreto 97/2014 Anejo 5. BOE, Ministerio de Industria.
- Real Decreto 2822/1998 por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos. BOE 26 de Enero de 1998.
- Real Decreto 2042/1994, por el que se regula la Inspección Técnica de Vehículos. BOE 17 de Noviembre de 1994.
- AENOR. Dimensiones de los Automóviles y Vehículos Remolcados. UNE 26-192-87.
- Orden de 27 de Diciembre de 1999 por el que se aprueba la Norma 3.1 I-C. Trazado de la Instrucción de Carreteras. BOE 2 de Febrero de 2000.
- UE. Directiva 97/27/CE de 22 de Julio de 1997 relativa a las masas y dimensiones de vehículos a motor y sus remolques. Diario Oficial de la UE 28 de Agosto de 1997.
- UE. Directiva 76/756/CEE de 27 de Julio de 1976 relativa a la instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa de los vehículos a motor y sus remolques. Diario Oficial de la UE 27 de Septiembre de 1976.
- UE. Directiva 70/222/CEE de 20 de Marzo de 1970 relativa al emplazamiento e instalación de las placas de los vehículos a motor y de sus remolques. Diario Oficial de la UE 6 de Abril de 1970.
- UE. Directiva 70/221/CEE de 20 de Marzo de 1970 relativa a los dispositivos de protección de los vehículos a motor y sus remolques. Diario Oficial de la UE 6 de Abril de 1970.
- Reglamento de Tráfico. Dirección General de Tráfico.
- Catálogo de válvulas, tuberías y bocas de hombre. Disponible en web: <<http://www.fortvale.com>>.

- Semirremolques y remolques para cisternas. Disponible en web: <<http://www.carrozadosrojo.com/empresa>>.
- Fichas técnicas de camiones. Disponible en web: <http://www.mercedes-benz.com.ar/fichastecnicas>>.
- Ficha técnica quinta rueda. Disponible en web: <<http://www.safholland.com>>.
- Fichas técnicas patas telescópicas de apoyo. Disponible en web: <<http://www.jost-world.com>>.
- Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. Disponible en web: <<http://www.bomberiles.com>>.
- Cálculos para las soldaduras. Disponible en web: <<http://www.ingemecanica.com>>.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**



**DOCUMENTO N° 10**

**ANEXOS**

**AUTOR: JOSÉ CARAVACA GARCÍA**

**TITULACIÓN: I.T.I. MECÁNICA**

**DIRECTOR: FEDERICO CERÓN DE LARA**

**ENERO 2015**

## ÍNDICE ANEXOS

10.1.-Anexo I: Quinta rueda.....	205
10.2.-Anexo II: Camión.....	213



# HOLLAND FW35

## QUINTA RUEDA



LA QUINTA RUEDA MÁS  
VERSÁTIL, FUNCIONAL Y  
CONFIABLE DEL MUNDO

## FW35 LA QUINTA RUEDA MAS VERSATIL, FUNCIONAL Y CONFIABLE DEL MUNDO.

La FW35, fue diseñada para ofrecer un desempeño garantizado, mediante un proceso de mejora continua que permite, ofrecer valor a nuestros clientes, la FW35 cumple con los requerimientos de la industria, ofreciendo una amplia gama de productos, incluyendo la FW31 con tecnología NoLube.

## LA TECNOLOGÍA SAF-HOLLAND, NOS HACE LIDERES DEL MERCADO.

Desde 1910, las quintas ruedas Holland, han permanecido en la mente del cliente por su durabilidad, rendimiento, confiabilidad y soporte, forjando una reputación y prestigio excepcional. La Tecnología HOLLAND incluye la primera quinta rueda NoLubem 100% libre de grasa, y opciones como Air Release, u ELI ofrecen las soluciones que hoy día la operación de nuestros clientes requieren para ser mas competitivos y confiables. Toda nuestra Tecnología tiene como objetivo ser la quinta rueda que ofrece el mejor costo Kilometro a Kilometro.



Una quinta rueda sólo puede ser tan buena como la compañía que la respalda, y SAF-HOLLAND ha elevado los estándares al ofrecer la primera garantía de rendimiento de la industria. SAF-HOLLAND garantiza no sólo el material y la mano de obra de las quintas ruedas de la Serie FW35, sino también su durabilidad.

En resumen:

- s 3IN REEMPLAZOS DE LA HORQUILLA de bloqueo
- s 3IN RECONSTRUCCIONES
- s #ON A x OS MILLAS DE GARANTÍA

¿Puede darse el lujo de no especificar HOLLAND?

Consulte la garantía de la Serie FW35 para conocer los detalles completos.



SAF-HOLLAND Group

## SERIE FW35

**Nuevo**

### CAPACIDAD:

55,000 lb (25,000 kg)  
Carga máxima vertical  
150,000 lb (68,000 kg)  
Tracción máxima de  
la barra de tiro



### MANUA DE LIBERACION CON CAIDA E-Z GRIP

Protege de daños durante  
los errores de enganche.  
Disponible para liberación  
Izquierda, derecha y  
neumática Air Release.

### PLACA SUPERIOR DE ACERO FUNDIDO

Proceso de moldeo optimizado  
para máxima resistencia a la  
unidad de peso.

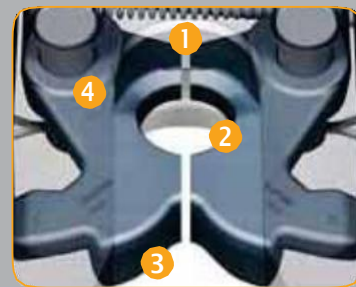
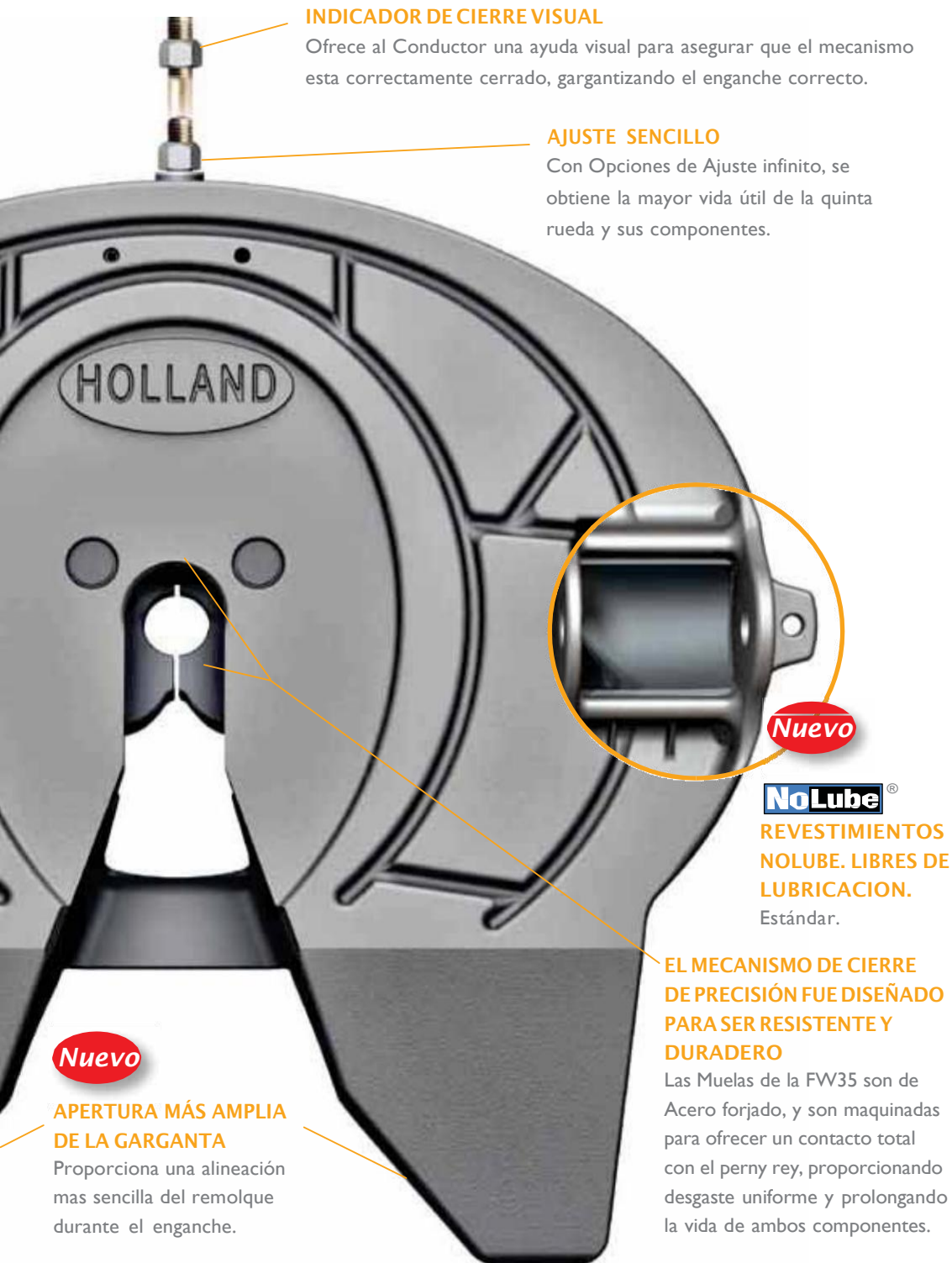
EL NUEVO DISEÑO  
MEJORADO DE  
FUNDICION PROVEE UNA  
MAYOR DURABILIDAD Y  
UN AHORRO DE PESO DE  
6.35 KG (14 LBS.)



### SERIE FW31 **NoLube®** (OPCIONAL)

Funcionamiento  
completamente libre  
de grasa.

Consulte el folleto de la  
FW31: XL-FW10023SL-en-US



## DISEÑO DEL SISTEMA DE ENGANCHE.

- 1 Protección de alto enganche.**  
El sistema de cierre protege contra el enganche a una altura inadecuada.
- 2 Mayor área de contacto entre perno rey y seguros.**  
El área de contacto es de 0.06 m<sup>2</sup> (8.7 pulgadas cuadradas).
- 3 Bloqueos de acero forjado.**  
Las horquillas de bloqueo son de acero forjado, endurecido y maquinado.
- 4 Manquindo de precisión**  
Para el mecanismo de bloqueo y la interfaz del pivote.



### OPCIÓN DEL SISTEMA

**ELI** El indicador de bloqueo electrónico proporciona seguridad de confirmación de enganche en la cabina.



### OPCIÓN AIR RELEASE

Sistema de liberación de bloqueo de la quinta rueda en la cabina.



## EL SISTEMA ELI™ DE HOLLAND PROTEGE EL EQUIPO Y LA CARGA.

Ahorra tiempo y ofrece una mayor tranquilidad y seguridad al Cliente

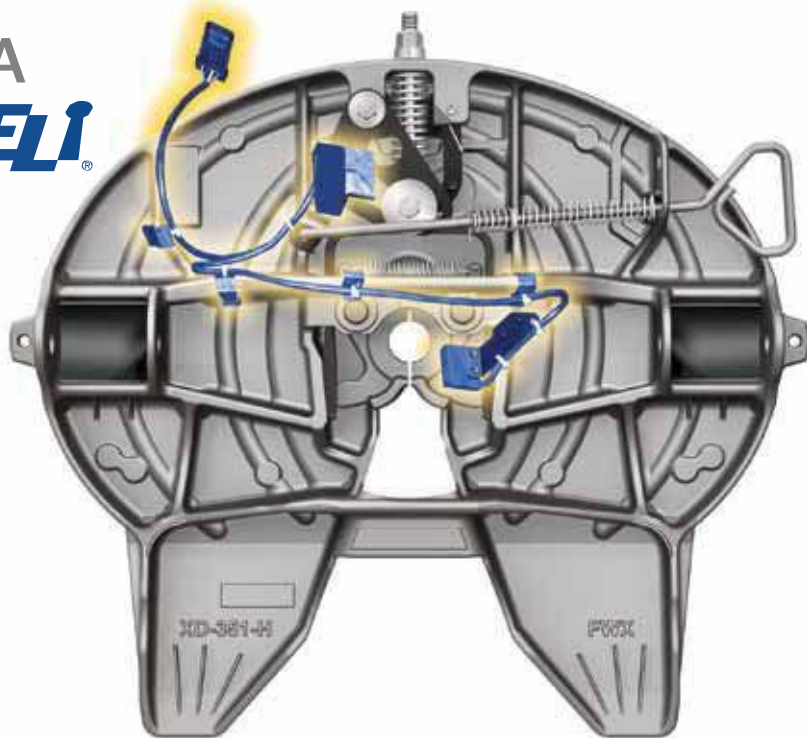
El Sistema Indicador Electrónico de Enganche (ELI) ofrece una ayuda visual en Cabina adicional para garantizar un enganche correcto, disminuyendo los riesgos y perdidas por accidentes durante el proceso de enganche o desenganche.

ELI, ofrece al cliente una mayor confiabilidad en sus enganches, al ofrecer señales luminosas en cabina.

ELI es un sistema de sensores sellados instalados en el mecanismo de la quinta rueda, mismos que reportan la posición de cada uno de los componentes críticos a la pantalla en cabina, asegurando un enganche seguro y correcto.

El sistema ELI, cuenta con un soporte posventa para que este en condiciones óptimas de operación todos los días.

Sin necesidad de que el operador ingrese datos, el sistema le dice si está bien enganchado o si está enganchado incorrectamente.



## CAPACIDAD DE DESCARGA DE DATOS OPCIONAL DEL SISTEMA ELI

El sistema ELI también fue diseñado para trabajar más allá de la cabina. Utilizando el software y el cable de descarga disponible, se puede descargar la información de los últimos 250 intentos de enganche a cualquier computadora portátil. Esta valiosa información puede analizarse y utilizarse para oportunidades de capacitación y orientación del conductor.

## PEDIDOS

El sistema ELI de HOLLAND es compatible con las quintas ruedas FW35 y FW31 NoLube, incluidas las que tienen la opción Air Release, y puede pedirse con cualquier placa superior (consulte la última página para realizar el pedido) o agregarse a cualquier placa superior existente.



Figura a



Figura b

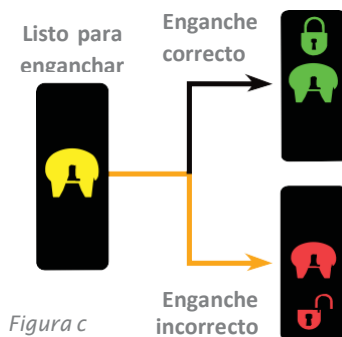


Figura c



SAF-HOLLAND Group

## AIR RELEASE OPCIONAL

### EL SISTEMA AIR RELEASE DE LA QUINTA RUEDA DE HOLLAND.

Un sistema de liberación de bloqueo de quinta rueda en cabina sencillo y fácil de operar

#### SIN ESFUERZOS

El sistema Air Release opcional permite la liberación en cabina del mecanismo de bloqueo de la quinta rueda. Con sólo una simple tracción del interruptor de aire montado en el tablero, un cilindro neumático de la quinta rueda abrirá sin esfuerzos el mecanismo de bloqueo.

Ya quedaron en el pasado los días en que era necesario estirarse para alcanzar una palanca de liberación grasosa.

#### SEGURO

El sistema Air Release de tres etapas garantiza que la liberación del bloqueo de la quinta rueda sólo pueda operarse cuando el vehículo está detenido. El diseño único de interbloqueo asistido por aire evita absolutamente la liberación accidental del bloqueo de la quinta rueda, mientras permite la operación de liberación manual si es necesaria.

#### EFICIENTE

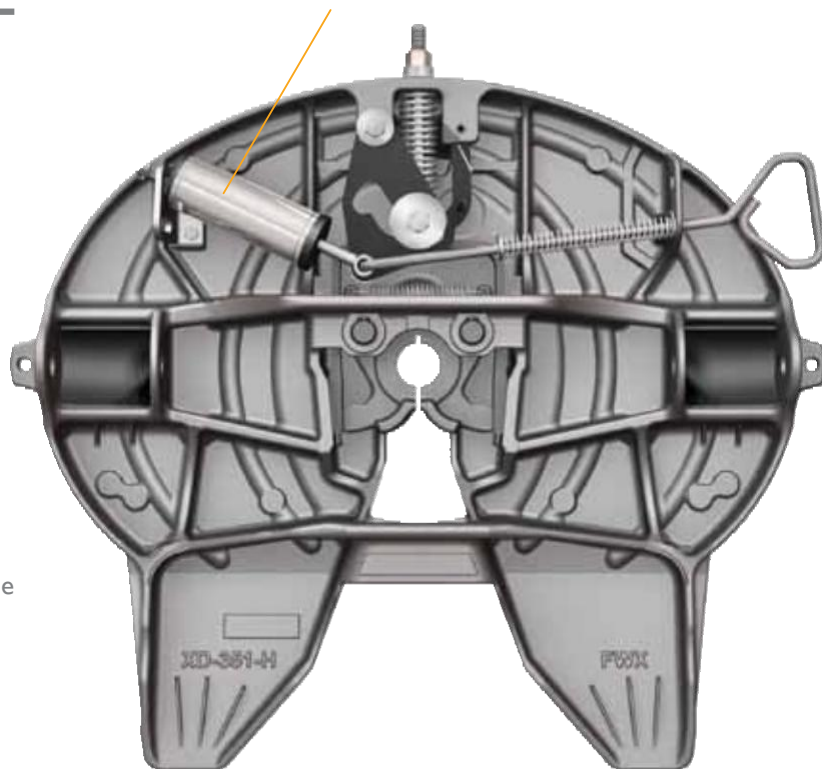
Reduce el tiempo que el conductor dedica a bloquear y desbloquear manualmente la quinta rueda. La menor interacción manual con la quinta rueda (y la grasa que puede incluir) limita las lesiones potenciales que pueden generar costosos reclamos de indemnización del trabajador.

#### CONSTANTE

Respaldo por la garantía de 6 años para piezas y mano de obra de SAF-HOLLAND, el sistema Air Release funcionará de manera confiable cuando usted lo necesite; siempre.

#### CILINDRO NEUMÁTICO DE ALTA CALIDAD

Resistente a la corrosión, lo que garantiza una vida útil prolongada y un funcionamiento constante.



#### PEDIDOS

El sistema Air Release de HOLLAND es compatible con las quintas ruedas FW31 NoLube y ELI, y puede pedirse con cualquier placa superior (consulte la última página para realizar el pedido) o agregarse a cualquier placa superior existente.



# SISTEMAS DE MONTAJE

## QUINTAS RUEDAS DE CAPACIDAD ESTÁNDAR



### TORRES DE MONTAJE FIJO

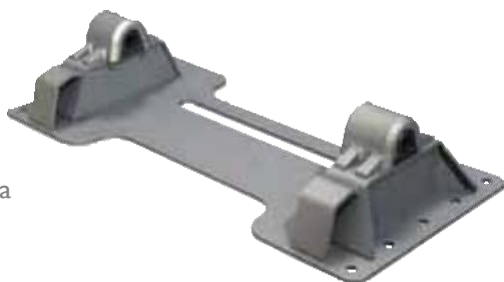
#### MONTAJE DE PIE

Diseñado para aplicaciones sujetadas con pernos, que utilizan placas de montaje corrugadas. Detienen la inclinación integral.



#### MONTAJE DE PLACA INTEGRADO

Base liviana diseñada para aplicaciones de montaje de ángulo saliente con pernos.



#### TORRE PARA MONTAJE ANGULAR

Diseñada para soldarse a los ángulos durante la instalación. Construcción moldeada para un rendimiento máximo y mayor durabilidad. Detiene la inclinación integral.



#### TORRE CON ÁNGULO DE MONTAJE

Construcción moldeada para un rendimiento máximo y mayor durabilidad. Detiene la inclinación integral.

Longitud estándar de

0.1 x 0.1 x 0.0094" x 0.91 m

(4" x 4" x .38" x 36"). Hay varias alturas y anchos de marco disponibles.

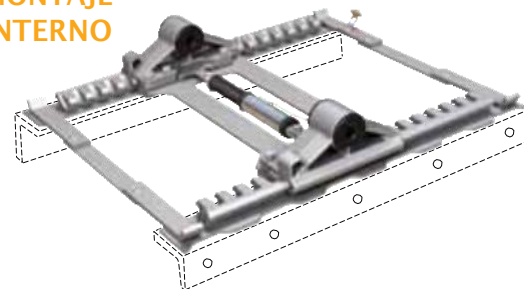


### MONTAJES DE TORRES Y PLACA DESLIZABLES ILS®

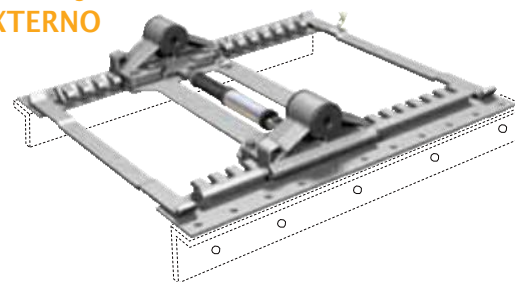
Nuevo diseño de base modular, sin soldaduras y de bajo peso, que ofrece ahorros de peso significativos con un sencillo cambio de la altura.

- Torre moldeada de una sola pieza y sujeción con pernos (bajo costo, bajo peso y fácil de reemplazar)
- Casquillos de amortiguación lateral de dos piezas con "choque ascendente".
- Torre adaptable con tabique reubicable con deslizamiento (sin soldaduras).
- Misma ubicación del cilindro a todas las alturas (incluye accesorios de "conexión rápida")
- Incrementos deslizables de 0.05 m (2")
- "Placa de amarre" universal

#### MONTAJE INTERNO



#### MONTAJE EXTERNO



Hay otros sistemas de montaje disponibles; consulte el catálogo de la quinta rueda XL-FW447 de Holland para obtener más información.

# ESPECIFICACIONES DE LA QUINTA RUEDA FW35

## SÓLO PLACA SUPERIOR DE LA FW35

NÚMERO DE MODELO			PESO APROXIMADO
8!	! , O	-ANO IZQUIERDA	LB KG
8!	! O	-ANO DERECHA	LB KG



¡4! ,OS PESOS DE LA PLACA SUPERIOR ENUMERADOS INCLUYEN LB KG PARA LAS clavijas de montaje.

## MODELOS DE QUINTA RUEDA CON MONTAJE DESLIZANTE FW35 ILS

### MONTAJE EXTERNO

NÚMERO DE MODELO	ALTURA F.W. NOMINAL	RECORRIDO DE DESLIZAMIENTO	P APROXIMADO
&7 ! 8,	...	...	LB KG
&7 ! 8,	...	...	LB KG
&7 ! 8,	...	...	LB KG
&7 ! 8,	...	...	LB KG
&7 ! 8,	...	...	LB KG
&7 ! 8,	...	...	LB KG
&7 ! 8,	...	...	LB KG
&7 ! 8,	...	...	LB KG
&7 ! 8,	...	...	LB KG
&7 ! 8,	...	...	LB KG

### MONTAJE INTERNO

&7 " 8,	...	...	L
&7 " 8,	...	...	LB KG
&7 " 8,	...	...	LB KG
&7 " 8,	...	...	LB KG
&7 " 8,	...	...	LB KG
&7 " 8,	...	...	LB KG
&7 " 8,	...	...	LB KG
&7 " 8,	...	...	LB KG
&7 " 8,	...	...	LB KG
&7 " 8,	...	...	LB KG
&7 " 8,	...	...	LB KG

Para ver la opción ELI, agregue "EL" al final del número del modelo. Ejemplo: FW35A712XLLEL.

Para ver la opción Air Release, agregue "80" al final del número del modelo. Ejemplo:

FW35A712XL80.

Para ver las opciones ELI y Air Release, agregue "EA" al final del número del modelo.

Ejemplo: FW35A712XLEA.

Para ver la liberación a mano derecha, reemplace "L" por "R" en el número del modelo.

Hay disponibles otros sistemas y opciones de montaje. Comuníquese con el servicio de atención al cliente para conocer los detalles.

## MODELOS DE QUINTA RUEDA CON MONTAJE FIJO FW35

NÚMERO DE MODELO	ALTURA F.W. NOMINAL	PESO APROXIMADO
&7 9 8,	...	LB KG
&7 9 8,	...	LB KG
&7 9 8,	...	LB KG
&7 9 8,	...	LB KG

Disponible con placa de montaje corrugada – Utilice el código opcional "01". Peso de la placa: 115 lb. Agrega 0.94" a la altura de la quinta rueda.



### MONTAJE DE PLACA INTEGRADO

&7 : 8,	...	LB KG
&7 : 8,	...	LB KG
&7 : 8,	...	LB KG
&7 : 8,	...	LB KG



### TORRES PARA SOLDAR A LOS ANGULOS

&7 8 8,	...	LB KG
&7 8 8,	...	LB KG
&7 8 8,	...	LB KG
&7 8 8,	...	LB KG



### TORRES CON ÁNGULOS DE MONTAJE

&7 7 ',	...	LB KG
&7 7 ',	...	LB KG
&7 7 ',	...	LB KG
&7 7 ',	...	LB KG



\* Dimensiones de ángulos estándar – 4½ x 4½ x .38½ x 36½.

"G" equivale a un ancho de marco de 34½; para conocer otros anchos, reemplace

"G" por las letras de los códigos de ancho de marco adecuadas. Comuníquese con un representante de SAF-HOLLAND para obtener ayuda

## CUADRO DE CÓDIGOS DE ANCHO DEL MARCO DE LA QUINTA RUEDA

ANCHO DEL MARCO	CÓDIGO	ANCHO DEL MARCO	CÓDIGO	ANCHO DEL MARCO	CÓDIGO	ANCHO DEL MARCO	CÓDIGO
33.25"	A	33.62"	D	34.00"	G	34.38"	K
33.38"	B	33.75"	E	34.12"	H	34.50"	L
33.50"	C	33.88"	F	34.25"	J		



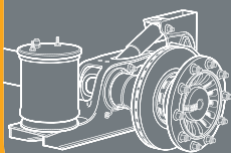


Desde los equipos de reconstrucción de la quinta rueda hasta los equipos de reparación del casquillo de la suspensión, las piezas originales SAF-HOLLAND tienen componentes de la misma calidad que los que se utilizan en el montaje de los componentes originales. Las piezas originales de SAF-HOLLAND están probadas y diseñadas para ofrecer rendimiento y durabilidad máximos. Las piezas adaptadas a voluntad, similares o peor aún, falsas, solo limitarán el potencial de rendimiento y posiblemente anularán la garantía de SAF-HOLLAND. Asegúrese de especificar siempre piezas originales de SAF-HOLLAND cuando deba reparar su producto SAF-HOLLAND.

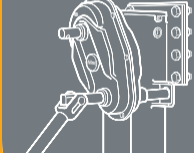
XL-FW10024SL-es-US Rev. B - 2011-11-07 - Emiendas y errores reservados. © SAF-HOLLAND, Inc.

## COMPONENTES DE ALTA CALIDAD PARA LA INDUSTRIA DE LOS VEHÍCULOS COMERCIALES

### SISTEMAS DE EJES Y SUSPENSIÓN



### TREN DE ATER- RIZAJE



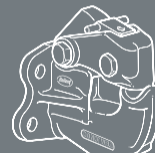
### PIVOTES DE DIRECCIÓN



### QUINTAS RUEDAS



### PRODUCTOS DE ACOPLE



EUROPA · AMÉRICA DEL NORTE · AMÉRICA DEL SUR · ÁFRICA · ASIA · AUSTRALIA

SAF-HOLLAND Mexico

52.1.55.5456.8641 Fax 52.55.5816.2230

SAF-HOLLAND USA, Inc.

888.396.6501 Fax 800.356.3929





# **Axor**

## **2035S 36**



Mercedes-Benz

Motor

Modelo	MB OM-457 LA Euro III, con mando electrónico
Tipo	6 cilindros verticales en línea, turbocooler
Cilindrada	11.967 cm <sup>3</sup>
Potencia máxima (ISO 1585)	260 kW (354 cv) a 1.900 rpm
Par motor máximo (ISO 1585)	1.850 Nm (189 mkgf) a 1.100 rpm
Rotación máxima	2100 rpm
Consumo específico	197 g/kWh (145 g/cvh) a 1400 rpm
Alternador (V/A)	28/80
Batería (cantidad x V/Ah)	2 x 12/135

Transmisión

Embrague	Ø 430 mm; monodisco seco, con accionamiento servoasistido
Caja de cambios	MB G 240 - 16/11,72- 0,69 "Mando Telligent"
Marchas sincronizadas	16 (8x2)

Ejes

Ejedelantero	MB VL4/51 D - 7,5
1º eje trasero	MB HL7/058 DCS - 13 c/bloqueo
Reducciones	4,00x1,083(26:24) = 4,333:1

Chasis

Bastidor – Tipo	Escalera, 5a rueda con posibilidad de ajuste (paso = 50 mm)
Dimensiones del perfil	270 mm x 70 mm/espesor: 9,5 mm
Material	LNE 50 + Ti (ABNT NBR 6656)
Suspensión delantera	Ballestas parabólicas, con amortiguadores telescópicos de doble acción y barra estabilizadora
Suspensión trasera	Ballestas parabólicas, con amortiguadores telescópicos de doble acción y barra estabilizadora
Llantas	8.25 x 22,5
Neumáticos	295/80 R 22,5
Dirección hidráulica	ZF 8098 - i=26,2: 1
Tanque de combustible (l)	590 (plástico con llave)

Cabina

Tipo	Frontal Dormitorio / techo elevado (*)
Asiento conductor	Individual con base neumática - Cinturón de seguridad de tres puntos
Asiento de acompañante	Individual con base neumática - Cinturón de seguridad de tres puntos
Columna de dirección	Regulable
Climatización	Calefacción / ventilación / aire acondicionado
Radio	AM / FM / CD / MP3 / SD / USB / BLUETOOTH
Paragolpes	Color de cabina - Acero
Alzacristales	eléctricos
Escotilla de techo	vidriada, comando apertura eléctrica con cortinas de red y de oscurecimiento manuales
Espejos retrovisores	eléctricos
Control de velocidad	máxima / de crucero

(\*) Dormitorio Techo Bajo opcional.

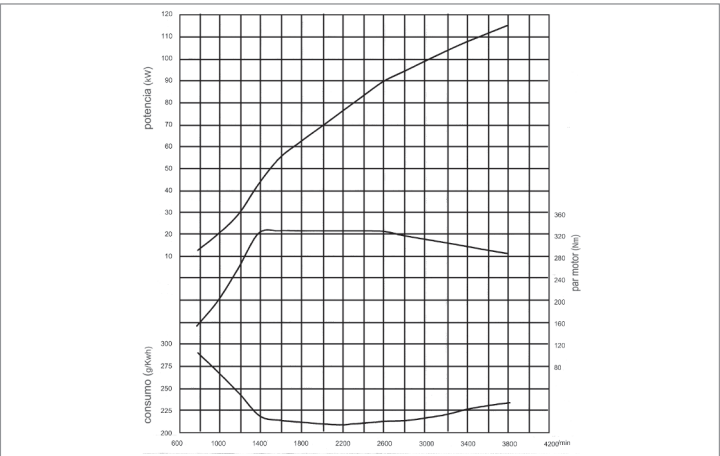
Pesos y Capacidades (kg)

Vacío sin carrocería, en orden de marcha (1)	2035/36
Eje delantero	4.895
Eje trasero	2.488
Total	7.383
Carga útil máxima sobre la 5ta rueda (técnica)	12.717
Pesos Admisibles Técnicamente	
Eje delantero	7.100
Eje trasero	13.000
Peso Bruto Vehicular (PBV)	20.100
Peso Bruto Vehicular Combinado (PBVC)	45.000
Capacidad Máxima de Tracción (CMT)2	80.000 (2)

(1) Chasis con cabina dormitorio techo elevado LTE, sin carrocería o implemento; con tanque de combustible lleno, rueda de repuesto, extintor de incendios, caja de herramientas. (2) Uso fuera de ruta.

Dimensiones (mm)

Chasis con cabina, sin carrocería	2035/36
A - Distancia entre ejes	3.600
B - Largo Total	6.018
C - Ancho eje trasero	2.576
D - Altura: cargado (techo alto)	3.459
descargado (techo alto)	3.513
E - Trocha – eje delantero	2.046
F - Trocha – eje trasero	1.803
G - Voladizo delantero	1.440
H - Voladizo trasero	978



Desempeño del vehículo

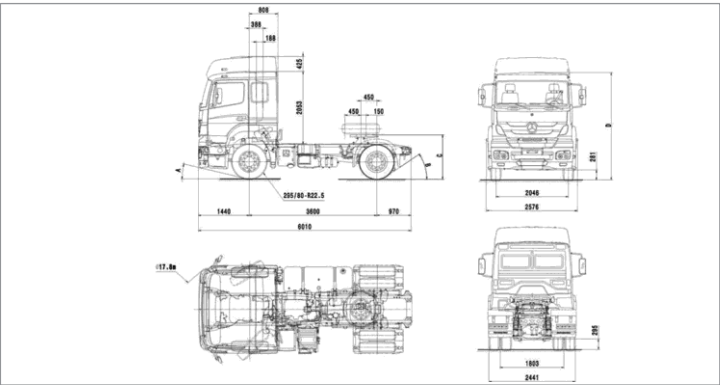
Axor 2035, con caja de cambios MB G 240 - 16 "mando telligent" y neumáticos 295/80 R 22,5	
Reducción	i=4,333:1
Velocidad máxima (km/h)	120
Pendientes máximos (movimiento/ arranque): con 45.000 kg (%)	40 / 27

Instrumental

Tablero de instrumentos	Cuenta vueltas / Velocímetro / Display digital (odómetro, reloj, temperatura, etc.)
Tacógrafo	Electrónico semanal (independiente del tablero de instrumentos)
Computador de abordó	Cantidad de combustible, nivel de aceite, horímetro, lts de combustible en el tanque, consumo promedio en lts/100km, sistema de mantenimiento inteligente.

Frenos

Freno de Servicio	A aire comprimido de dos circuitos disco en las ruedas delanteras y traseras / discos encapsulados
Área de frenado total:	
eje delantero	784 cm <sup>2</sup>
eje trasero	784 cm <sup>2</sup>
total	1.568 cm <sup>2</sup>
Freno automático	
Tipo	ALB, proporcional a la carga
Freno de Estacionamiento	
Tipo	Mecánico a través de resorte acumulador, con accionamiento neumático
Actuación	Ruedas traseras
Freno adicional	Freno - Motor y Top Brake
Accionamiento	Electroneumático; puede actuar en conjunto con el freno de servicio
Freno Adicional	
Tipo	ABS - Anti Block System



Algunos componentes que se muestran en este folleto son opcionales y sólo pueden obtenerse mediante solicitud especial. Diríjase a su representante Mercedes-Benz. Él tiene la solución específica a sus necesidades de transporte. Con miras al desarrollo tecnológico, Mercedes-Benz Argentina se reserva el derecho de alterar las especificaciones y los diseños sin previo aviso. La tecnología de los productos Mercedes-Benz respeta la calidad del medio ambiente. Fotos no contractuales. Fecha de impresión: MARZO 2012.

